



**BANCO DIDÁCTICO PARA PRUEBA DE MOTORES ELÉCTRICOS BIFÁSICOS Y  
TRIFÁSICOS EN LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FEDERMAN CRUZ MORENO  
701670**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ D.C.  
2019**

**BANCO DIDÁCTICO PARA PRUEBA DE MOTORES ELÉCTRICOS BIFÁSICOS Y  
TRIFÁSICOS EN LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE COLOMBIA**

**FEDERMAN CRUZ MORENO  
701670**

**Trabajo de grado para optar al título de  
Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones**

**Director  
JOSÉ ROBERTO CUARÁN VALENZUELA  
Ingeniero Electrónico, MSc.**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES  
BOGOTÁ D.C.  
2019**



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado Bogotá, noviembre de 2019

## Contenido

1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA .....	12
2. OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	13
3. JUSTIFICACIÓN.....	14
4. ANTECEDENTES.....	15
5. MARCO TEORICO .....	27
5.1 MOTOR ELÉCTRICO .....	27
5.1.1 Estator .....	27
5.2 ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS .....	28
5.3 AUTOMATISMOS .....	29
5.4 MEDIDORES DE VARIABLES.....	34
5.5 PROTECCIÓN DE MOTORES .....	35
6. METODOLOGÍA .....	38
6.1 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	38
6.2 DISEÑO DEL PLANO .....	38
6.3 IMPLEMENTACIÓN .....	38
6.4 PRUEBAS Y VALIDACIÓN .....	38
7 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	40
7.1 RECURSOS DE LABORATORIO DISPONIBLES .....	40
7.2 UNIDADES TEMÁTICAS .....	40
7.3 CARACTERÍSTICAS TECNICAS DE LOS MOTORES DISPONIBLES.....	41
8 DISEÑO DEL BANCO .....	44
8.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	44
8.2 DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO .....	44
8.3 DISEÑO DE GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO .....	49
9. IMPLEMENTACIÓN.....	50
10. PRUEBAS .....	58
11. CONCLUSIONES.....	59
BIBLIOGRAFÍA .....	60

## Índice de Figuras

Figura 1. Banco de prueba para sistemas de control industrial programable.....	15
Figura 2. Banco de motores eléctricos.....	16
Figura 3. Banco de pruebas para motores trifásicos de baja potencia con simulación LabView.....	17
Figura 4. Banco de pruebas para motores eléctricos monofásicos y trifásicos. ....	18
Figura 5. Banco de pruebas para arranque de motores.....	19
Figura 6. Banco de pruebas para maquina. ....	20
Figura 7. Banco de prueba modular para arranque de motor. ....	21
Figura 8. Banco de pruebas a base de PLC SIEMENS .....	22
Figura 9. Módulo de banco de motores De Lorenzo .....	23
Figura 10. Conexión de fuerza y mando de un motor trifásico con equipos De Lorenzo. ....	23
Figura 11: Módulo de banco de motores SIDILAB .....	24
Figura 12: motores de diferentes bornes y polos .....	24
Figura 13: Módulo de banco de motores CHOIEO sin medidores de variables .....	25
Figura 14: Módulo de banco de motores CHOIEO con medidores de variables .....	25
Figura 15. Banco de pruebas para motores eléctricos .....	26
Figura 16. Motor eléctrico trifásico .....	27
Figura 17. Ejemplo de circuito de fuerza .....	29
Figura 18. Ejemplo de circuito de mando .....	30
Figura 19. Contactor con auxiliar y relé térmico de 220 V .....	31
Figura 20. Minicontactor de 220 V.....	31
Figura 21. Relés enchufables de 220 V. ....	32
Figura 22. Temporizador neumático para contactor.....	33
Figura 23. Temporizador Maxtech TH3A .....	33
Figura 24. Temporizador de péndulo .....	34
Figura 25. Elementos de medición .....	35
Figura 26. Breakers trifásicos, bifásicos y monofásicos. ....	35
Figura 27. Transformadores de corriente. ....	36
Figura 28. Térmico con contactos auxiliares .....	36
Figura 29. Conexión del contactor.....	37
Figura 30 Pruebas de montaje de las guías.....	39
Figura 31placa característica motor trifásico de 3 bornes .....	41
Figura 32 placa característica motor bifásico .....	42
Figura 33. Motor trifásico de 6 bornes.....	42
Figura 34. Motor trifásico de 6 bornes.....	43
Figura 35. Plano de distribución de componentes del banco de prueba .....	45
Figura 36 Plano a mano alzada.....	46
Figura 37. Distribución de los elementos a escala real. ....	47
Figura 38. Características técnicas de los contactores y relés.....	48
Figura 39. Distribución final de elementos en el banco de pruebas .....	50
Figura 40. Diagrama de conexión del medidor de tarifas múltiples .....	51
Figura 41. Instalación de los transformadores de corriente.....	51
Figura 42. Conexión de borneras de fuerza. ....	52

Figura 43. Conexión de borneras de mando. ....	52
Figura 44. Conexión de borneras de seguridad. ....	53
Figura 45 conexión incorrecta del medidor de electricidad de tarifas multiplex.....	53
Figura 46 Conexión correcta de medidor de electricidad de tarifas multiplex.....	54
Figura 47 inicio y parada de emergencia del banco de pruebas de motores eléctricos. .....	54
Figura 48, medidor de electricidad de tarifas multiplex conectado directamente con los transformadores de corriente.....	55
Figura 49. Diagrama de conexión de los medidores tetrafilares utilizados con transformador de corriente. ....	55
Figura 50 Diagrama de conexión de los medidores tetrafilares utilizados con transformador de corriente y de tensión.....	56
Figura 51 Diagrama de conexión de los medidores trifilares.....	56
Figura 52 Diagrama de conexión de los medidores tetrafilares en una red de cuatro hilos.....	56
Figura 53 Diagrama de conexión de los medidores tetrafilares reprogramados para trabajar en una red de tres hilos.....	57
Figura 54 Inversor de giro de motor trifásico .....	58
Figura 55 Arranque estrella triangulo .....	58
Figura 56. Conexiones internas del motor de 6 bornes.....	62
Figura 57 Bornera de un motor de 6 terminales .....	63
Figura 58 Diagrama de fuerza sentido de giro .....	63
Figura 59 Diagrama de mando.....	64
Figura 60. Diagrama de fuerza con secuenciómetro.....	64
Figura 61. Diagrama de mando con selector de dos posiciones. ....	65
Figura 62 Borneras de un motor de 6 puntas. ....	66
Figura 63. Diagrama de fuerza, arranque estrella triangulo .....	67
Figura 64. Diagrama de mando con botones pulsadores sin temporizador .....	68
Figura 65 Diagrama de fuerza con contactor neumático .....	69
Figura 66. Diagrama de fuerza con TH3A .....	70
Figura 67 Diagrama de fuerza con temporizador de péndulo .....	71
Figura 68 Diagrama de fuerza, arranque estrella triangulo con inversor de giro.....	72
Figura 69. Diagrama de mando arranque estrella triangulo con temporizador.....	73
Figura 70 Control de mando para arranque en secuencia de motores. ....	74
Figura 71 controles de mando para arranque en secuencia para tres motores. ....	75
Figura 72. Diagrama de fuerza, arranque de motores en secuencia o cascada .....	76
Figura 73 Diagrama de mando con botones pulsadores sin temporizador para arranque de motores en secuencia .....	77
Figura 74 Diagrama de mando arranque estrella triangulo con temporizador.....	78
Figura 75 Plc master k10s.....	79
Figura 76 archivo KGL_WE.exe para ejecutar KGLWIN .....	80
Figura 77 Proyecto nuevo en la pantalla de inicio. ....	80
Figura 78 Lenguaje de programación.....	81
Figura 79 ventanas de proyecto .....	81
Figura 80 creación de un programa en la ventana de Ladder .....	82
Figura 81 entrada de contacto.....	83
Figura 82 nombre del contacto (M0000) .....	83

Figura 83 barra de herramientas de Ladder .....	84
Figura 84 bobina de salida (P000) .....	84
Figura 85 línea vertical ( ) .....	85
Figura 86 Contacto normalmente cerrado ( ) .....	85
Figura 87 Contacto normalmente abierto .....	86
Figura 88 completar la línea de Ladder .....	86
Figura 89 Diagrama de fuerza .....	87



## Índice de Tablas

Tabla 1. Temas potenciales de las asignaturas Control automático y Electrónica industrial para ser desarrollados con el banco de pruebas de motores. ....	40
Tabla 2. Características técnicas del motor trifásico de tres bornes .....	41
Tabla 3. Características técnicas del motor de 6 bornes.....	43
Tabla 4 Descripción de los diferentes elementos del banco .....	48

## Índice de Anexos

Anexo A.....	62
Anexo B.....	65
Anexo C.....	74
Anexo D.....	79

## **INTRODUCCION**

Con este trabajo de grado se presentó el diseño, implementación de un banco didáctico para pruebas de motores eléctricos bifásicos y trifásicos, que serán usados en el laboratorio de electrónica de la Universidad Católica de Colombia, la cual será de gran importancia para la enseñanza de temas relacionados con motores eléctricos. Este banco sirve como apoyo de materias teórico - prácticas como: redes industriales, electrónica industrial y control automático. Este banco de pruebas permite conocer, visualizar y analizar los comportamientos de voltajes, corrientes, frecuencias y potencias, de motores más comunes encontrados en la industria, como son los motores eléctricos trifásicos de 3, 6, y 9 bornes, motores bifásicos y motores monofásicos.

Con este banco de pruebas los estudiantes podrán realizar diferentes prácticas de conexiones de motores eléctricos trifásicos, bifásicos, analizar su comportamiento, medir variables (voltaje, corriente, potencia, frecuencia y sentido de giro). Además, la Universidad Católica de Colombia cuenta con dos motores eléctricos trifásicos de 9 bornes con 2 HP (caballos de fuerza), controladores lógicos programables (PLCs) y un variador de velocidad para ser incorporados junto con el banco de pruebas para darles un mejor aprovechamiento didáctico.

En este trabajo de grado se presentó además el desarrollo de algunas guías sencillas de laboratorio, que se podrían ejecutar con este banco en las asignaturas de electrónica industrial y control automático.

## 1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DEL PROBLEMA

El motor eléctrico de corriente alterna es ampliamente utilizado a nivel industrial para diferentes aplicaciones como bombas, bandas transportadoras, ascensores, molinos, ventiladores, compresores, extrusoras, por mencionar solo algunos. Existen diferentes tipos de motores dependiendo de la aplicación, con diferentes tipos de conexiones para su operación.

Por otra parte, una de las áreas de formación de la Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica de Colombia es la de Instrumentación y control, en la cual se abordan diferentes temáticas relacionadas con la automatización. Es aquí donde los motores eléctricos juegan un papel importante, siendo uno de los actuadores más presentes a nivel industrial. Por este motivo, la Universidad Católica ha adquirido en los últimos años algunos equipos que permitan fortalecer la formación en este campo, tales como motores trifásicos, variadores de velocidad y controladores lógicos programables.

No obstante, para empezar a hacer uso de estos, es imprescindible un banco de pruebas que permita interconectar los diferentes elementos de forma segura, esto haciendo uso de dispositivos de protección (relés de sobrecarga, por ejemplo), de potencia (contactores), dispositivos de señalización, pulsadores, entre otros.

La Universidad Católica de Colombia no cuenta actualmente con un sistema de prueba de motores eléctricos trifásicos y bifásicos, que permita al estudiante de ingeniería electrónica interactuar fácilmente con ellos.

Los laboratorios de Ingeniería Electrónica de la Universidad Católica de Colombia cuentan actualmente con dos motores eléctricos trifásicos de 9 bornes de 2 HP (caballos de fuerza), un variador de velocidad y controladores lógicos programables (PLCs) los cuales no se usan de forma óptima. Estos elementos pueden ser incorporados junto con el banco de pruebas para realizar múltiples prácticas de laboratorio.

Con este trabajo de grado, la idea es resolver la pregunta:

*¿Cómo lograr que el estudiante de electrónica adquiriera competencias y habilidades en el control de motores eléctricos bifásicos y trifásicos y sus elementos de conexión mediante un banco de prueba desarrollado en el laboratorio de electrónica de la universidad católica de Colombia?*

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar un banco didáctico para prueba de motores eléctricos bifásicos y trifásicos en el laboratorio de electrónica de la Universidad Católica de Colombia.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Recopilar información sobre motores eléctricos de corriente alterna, cómo métodos de arranque, mecanismos de protección y control.

Identificar temas del contenido curricular de las asignaturas de electrónica industrial y control automático, que se puedan desarrollar usando el banco de pruebas y los recursos de laboratorio disponibles.

Diseñar el banco de pruebas para los temas previamente definidos y guías prácticas de laboratorio.

Implementar el banco de pruebas para validar el funcionamiento de las guías prácticas.

### **3. JUSTIFICACIÓN**

El banco didáctico de motores eléctricos busca contribuir con la formación académica los estudiantes de Ingeniería Electrónica, donde se crea la posibilidad de realizar prácticas que aportan a los conocimientos adquiridos en clases en temas relacionados a motores eléctricos.

El banco didáctico de motores eléctricos permitirá que estudiantes de la Universidad Católica de Colombia realicen prácticas de conexiones con motores bifásicos y trifásicos, por medio de elementos como son: contactores, auxiliares, PLC, variador de velocidad, entre otros, en un ambiente más didáctico para la fácil manipulación y conexión de los elementos. Podrán además llevar a cabo este proceso mediante unas guías instructivas que se elaborarán previamente.

Además, este proyecto de grado busco facilitar la enseñanza con el fin de que estudiantes de la Universidad Católica de Colombia se familiaricen con los elementos que habitualmente son usados fuera del aula como por ejemplo en entornos industriales. Así mismo, facilitar el conocimiento de uso de motores bifásicos y trifásicos, contactores, temporizadores, borneras, entre otros. También, se podrá realizar prácticas de potencia y control de las diferentes formas de conectar motores bifásicos y trifásicos a las diferentes tensiones y frecuencias.

#### 4. ANTECEDENTES

A continuación, se presentan varios antecedentes sobre la implementación de bancos de motores eléctricos en distintas universidades; se podrá observar su importancia, los resultados que se obtuvieron y las conclusiones que cada uno de los autores pudo determinar.

En la universidad Politécnica Salesiana de la ciudad de Ecuador, Alvarado, Proaño y Vera <sup>1</sup>realizaron el diseño, la construcción y la implementación de un banco de pruebas para control de motores industrial programable, los estudiantes utilizaron múltiples contactores, botones pulsadores, indicadores de luz, medidores, un PLC, un variador de velocidad y un logo .Inicialmente, diseñaron la distribución del banco con sus respectivos elementos, elaboraron en AutoCAD la imagen y simbología de los automatismos industriales, facilitando con esto que los estudiantes logran identificar fácilmente las conexiones que se podrían realizar, con el diseño previamente hecho.

Por consiguiente, incorporaron unos manuales para poder dar un uso efectivo a los elementos implementados y poder conseguir el máximo provecho de los mismos. En la figura 1 se aprecia el banco de pruebas realizado por los autores del proyecto:

Figura 1. Banco de prueba para sistemas de control industrial programable.



Fuente: ALVARADO PEREZ, Erick Wilson; PROAÑO ANDRADE, Richard Israel; VERA SUAREZ, Christopher Xavier. Diseño e implementación de un banco de pruebas para control industrial programable. Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. 2010. 352 p.

---

<sup>1</sup> ALVARADO PEREZ, Erick Wilson; PROAÑO ANDRADE, Richard Israel; VERA SUAREZ, Christopher Xavier. Diseño e implementación de un banco de pruebas para control industrial programable. Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. 2010. 352 p.

Así mismo, se pudo evidenciar que, en la Universidad Industrial de Santander en su facultad de ingenierías físico-mecánicas, Contreras y Sánchez <sup>2</sup>, estudiantes de ingeniería mecánica implementaron un banco de pruebas para motores eléctricos monofásicos y trifásicos, asíncronos. Este banco consta de: Contactores, botones pulsadores, protecciones industriales, unas cajas de conexiones con canaleta en las cuales se encuentran ya conectados todos los contactores con su cableado distribuido de modo organizado en las canaletas incorporados con botones pulsadores, el tablero tiene la finalidad de realizar arranques de motores trifásicos en estrella y delta, probar consumos de corriente y voltaje al ponerle carga a estos motores por medio de unas manijas de presión, este banco no está diseñado para que sus conexiones sean manipuladas por los estudiantes, es decir, ya todas sus conexiones de control de fuerza y mando ya están debidamente cableadas, marcadas y organizadas en sus canaletas. En la figura 2 se aprecia el banco de pruebas realizado por los autores del proyecto:

Figura 2. Banco de motores eléctricos.



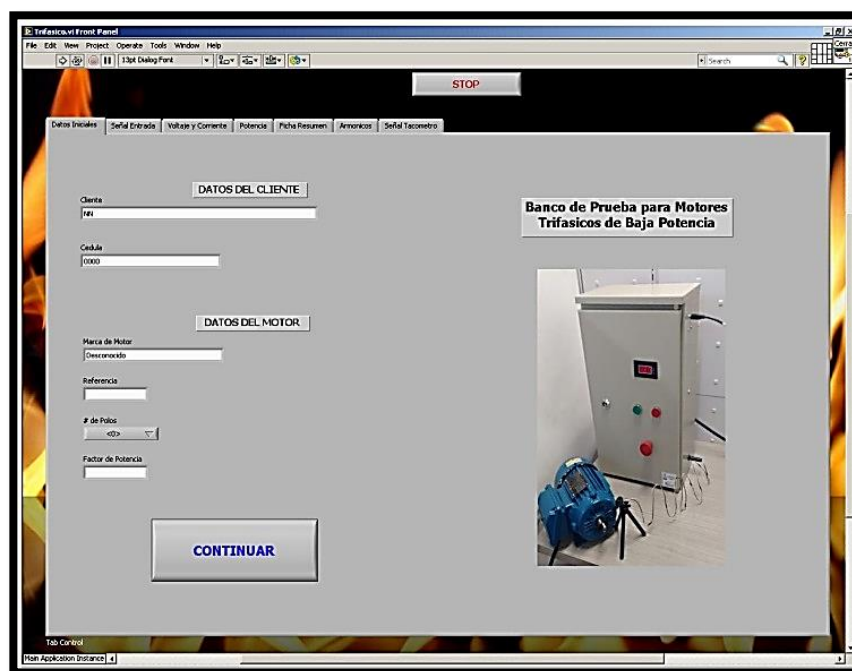
Fuente: CONTRETAS VILLAMIZAR, Eybar Farith; SANCHÉZ RODRIGUEZ, Rolando. Diseño y construcción de un banco de prácticas de motores eléctricos, como apoyo a la asignatura de diseño de máquinas II Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías físico- mecánicas .2010. 282 p

<sup>2</sup> CONTRETAS VILLAMIZAR, Eybar Farith; SANCHÉZ RODRIGUEZ, Rolando. Diseño y construcción de un banco de prácticas de motores eléctricos, como apoyo a la asignatura de diseño de máquinas II Bucaramanga. Universidad Industrial Santander. Facultad de ingeniería físico- mecánicas .2010. 282 p.



También, se pudo denotar que en la universidad Tecnológica de Pereira en su facultad de tecnologías, en un caso muy similar al presentado anteriormente en la Universidad Industrial de Santander, Quintero <sup>3</sup> implementó un banco de pruebas para un motor monofásico y uno trifásico asíncrono con un tablero de control ya diseñado e implementado para el arranque de un motor trifásico en estrella delta y el arranque de un motor monofásico con condensador, este proyecto incluía contactores, botones pulsadores, protecciones industriales, además le fue incluido un sistema de medición para poder graficar por medio del programa LABVIEW los diferentes comportamientos de corriente, voltaje, par de arranque y poder ser visualizados gráficamente por medio del programa. Este proyecto busca como resultado obtener una visualización gráfica del comportamiento de los motores eléctricos, pero los estudiantes no pueden realizar cambios en los esquemas de fuerza y mando o sugerir futuras conexiones, ya que estas conectadas, marcadas, organizadas y rotuladas a las canaletas de organización y a sus cajas de distribución. En la figura 3 se aprecia el banco de pruebas realizado por los autores del proyecto:

Figura 3. Banco de pruebas para motores trifásicos de baja potencia con simulación LabView.



Fuente: QUINTERO PARDO, Ernesto. Banco de prueba para motores asíncronos trifásicos de baja potencia. Colombia. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías.2015. 47 p.

<sup>3</sup> QUINTERO PARDO, Ernesto. Banco de prueba para motores asíncronos trifásicos de baja potencia. Colombia. Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías.2015. 47 p.

Por otro lado, en la Universidad Nacional Autónoma de México, Rodríguez <sup>4</sup> diseñó y construyó un banco de pruebas para caracterizar motores eléctricos monofásicos de arranque por condensador, la idea de este proyecto era poder identificar similitudes en los arranques de motores monofásicos en comparación con un trifásico, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas sugeridas por el cliente, de tal modo que se pudiera ajustar el motor a diferentes ángulos y diferentes tensiones de voltaje.

Este proyecto no incluía contactores, ni controles industriales para el arranque de estos motores. En la figura 4 se aprecia el banco de pruebas realizado por los autores del proyecto:

Figura 4. Banco de pruebas para motores eléctricos monofásicos y trifásicos.



Fuente: RODRIGUEZ ANDRADE, Jonathan. Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos. México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ingeniería. 2014. 130 p.

---

<sup>4</sup> RODRIGUEZ ANDRADE, Jonathan. Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos. México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ingeniería. 2014. 130 p.

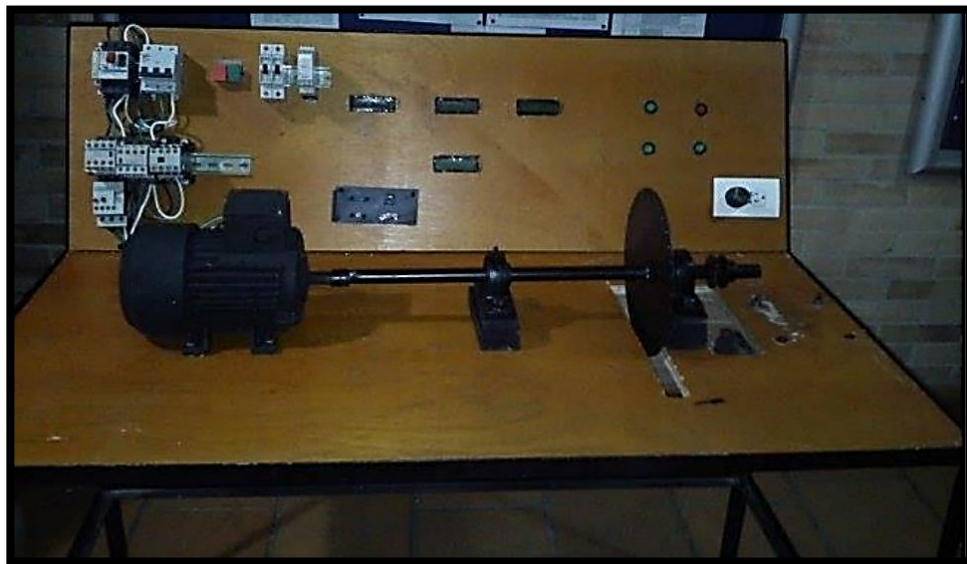
En la Corporación Universitaria del Minuto de Dios, Cabezas y Lozano <sup>5</sup> estudiantes de ingeniería electrónica, diseñaron un banco de pruebas para la conexión de un motor trifásico de dos caballos de potencia (2 HP) a base de contactores, botones pulsadores, elementos de protección industrial, un optoacoplador, un eje rotatorio con una rueda dentada.

Este proyecto consiste en medir corrientes, voltajes y sentido de giro del motor, además, se implementó un sistema digital a base de un optoacoplador para poder medir y calcular las vueltas dadas por el motor en su arranque estrella delta.

El objetivo principal de este banco es medir las diferentes variables que se ven afectadas en el arranque de los motores trifásicos, la manipulación del diagrama de conexiones de fuerza y mando está limitada para estudiante, ya que sus contactores como: Botones pulsadores, etc. ya están debidamente diseñados y cableados para un arranque estrella delta.

En la figura 5 se aprecia el banco de pruebas realizado por los autores del proyecto:

Figura 5. Banco de pruebas para arranque de motores.



Fuente: CABEZAS CASTILLO, Víctor Hugo; LOZANO PORTELA, Jaime Andrés. Montaje de un banco de pruebas para arranque de motores. Soacha. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Facultad de Ingeniería electrónica. 2013.78 p.

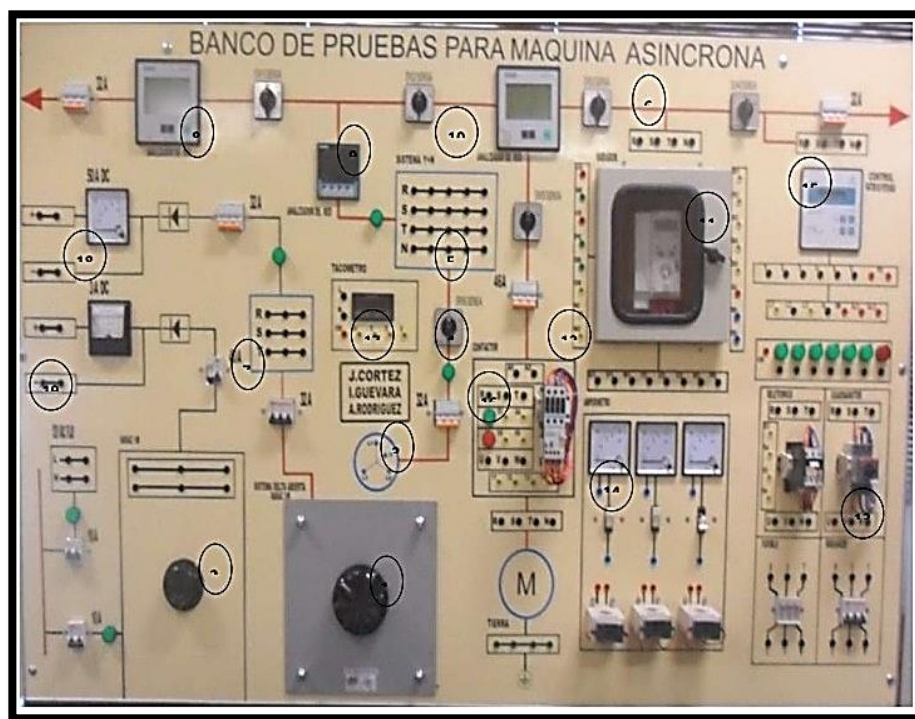
---

<sup>5</sup> CABEZAS CASTILLO, Víctor Hugo; LOZANO PORTELA, Jaime Andrés. Montaje de un banco de pruebas para arranque de motores. Soacha. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Facultad de Ingeniería electrónica. 2013.78 p.

Nuevamente, se menciona la Universidad Politécnica Salesiana, con sede en Guayaquil, en donde Cortes, Guevara y Rodríguez <sup>6</sup>, estudiantes de ingeniería electrónica desarrollaron un Banco de prueba para un motor asincrónico trifásico, en el cual se incorporaron diferentes medidores de variables, protectores industriales, selectores de voltaje y posición, pilotos indicadores, contactores electromagnéticos y un variador de velocidad.

Con este proyecto los estudiantes pueden realizar diferentes tipos de conexiones como son: Los arranques de motores trifásicos en estrella triángulo y poder medir sus comportamientos como son: Voltajes, corrientes, frecuencias, sentidos de giro, vatios consumidos. Este proyecto está abierto a múltiples conexiones, ya que consta de bananas terminales y un motor de 6 bornes para estos montajes. En la figura 6 se aprecia el banco de pruebas realizado por los autores del proyecto:

Figura 6. Banco de pruebas para maquina.



Fuente: CORTEZ FERNANDEZ, Joffre Medardo; GUEVARA GANCHOZO, Héctor Iván; RODRIGUEZ ENRIQUEZ, José Alfredo. Banco de pruebas para máquina. Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de ingenierías. Sede Guayaquil.2014. 173 p.

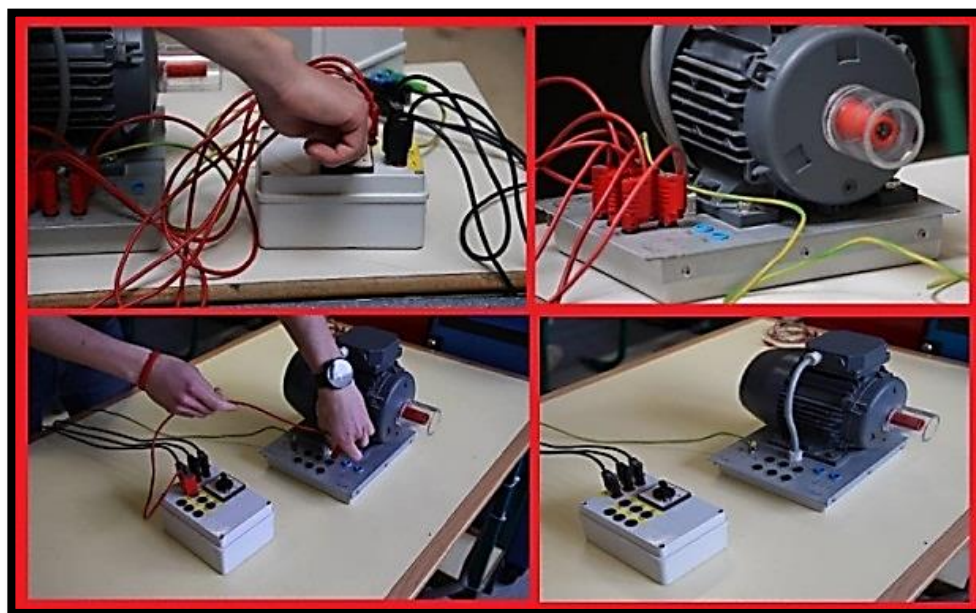
<sup>6</sup> CORTEZ FERNANDEZ, Joffre Medardo; GUEVARA GANCHOZO, Héctor Iván; RODRIGUEZ ENRIQUEZ, José Alfredo. Banco de pruebas para maquina asíncrona. Perú. Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de ingenierías. Sede Guayaquil.2014. 173 p.



También, Špan, Farkaš, Mikic, Romih y Senica <sup>7</sup> estudiantes de ingeniería eléctrica de Eslovenia, diseñaron módulos separados para poder conectar un motor trifásico en configuración estrella – delta, la idea de estos módulos es poder utilizar, únicamente lo básico y necesario para diseñar, implementar y conectar dicho motor.

Con estos módulos se pueden realizar múltiples conexiones como arranques directos, arranques suaves detección de fallas a la hora de conectar motores eléctricos; medir sus diferentes variables. En la figura 7 se aprecia el banco de pruebas realizado por los autores del proyecto:

Figura 7. Banco de prueba modular para arranque de motor.



Fuente: ŠPAN, Andraž; FARKAŠ Luka; MIKIC Urban; et al. How to connect AC motor in Delta star configuration. Eslovenia. Better Electro-World Slovenian Meeting. 2018. 26p.

Por otro lado, en la universidad Politécnica de Cataluña, La estudiante Pamias Blasco <sup>8</sup>, realizo un banco para el arranque de motores a base de un PLC SIEMENS, con el cual se pueden hacer múltiples conexiones, no solo de motores trifásicos, si no también, cualquier dispositivo que requiera ser controlado de un PLC.

---

<sup>7</sup> ŠPAN, Andraž; FARKAŠ Luka; MIKIC Urban; et al. How to connect AC motor in Delta star configuration. Eslovenia. Better Electro-World Slovenian Meeting. 2018. 26p.

<sup>8</sup> PAMIAS BLASCO, Aniana. Design of modules for a star-triangle starter based on intensity. Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya Facultat de Nàutica de Barcelona. 2014. 39p.

Este banco de pruebas es abierto a cualquier diseño e implementación a cualquier arranque de estrella – delta, secuencia de giro y cascada, para encendido de motores. Se muestra en la figura 8, arranque de un motor en estrella – delta.

Figura 8. Banco de pruebas a base de PLC SIEMENS



Fuente: PAMIAS BLASCO, Aniana. Design of modules for a star-triangle starter based on intensity. Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya Facultat de Nàutica de Barcelona. 2014. 39p.

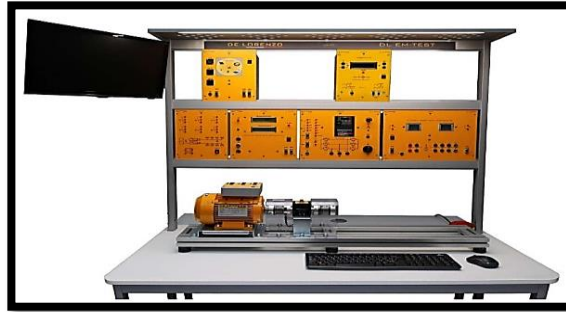
La compañía italiana DE LORENZO ofrece a la venta productos por catálogo de bancos de pruebas para uso didáctico los cuales son modulares y se pueden adquirir a su gusto.

Con estos bancos se pueden realizar múltiples diseños, configuraciones y conexiones, ya que están hechos para hacer cualquier tipo de práctica con motores trifásicos a varias tensiones. También, ofrecen módulos de PLC y variadores de velocidad los cuales pueden ser adaptados a los módulos de contactores para realizar prácticas con motores. También se pueden encontrar en el siguiente enlace de video: <https://www.youtube.com/watch?v=gjdArwrtQNA>

En la figura 9 se observa un banco de pruebas de motores modular, con un motor trifásico de 2HP y 6 bornes.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> DE LORENZO. Maquinas eléctricas. 2019. [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <https://www.delorenzoglobal.com/es/maquinas-electricas/>

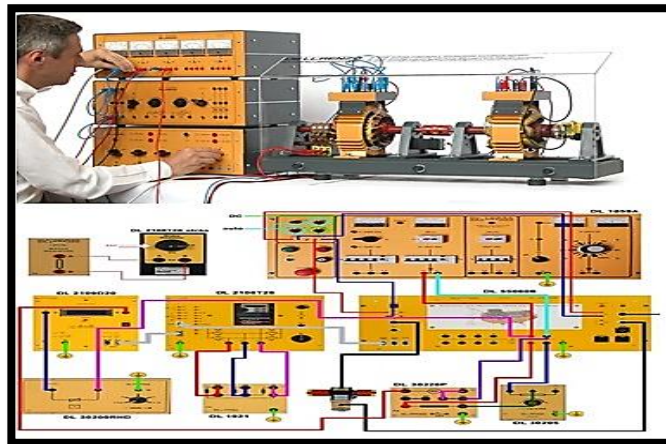
Figura 9. Módulo de banco de motores De Lorenzo



Fuente: DE LORENZO. Maquinas eléctricas. 2019. [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31:disponible en: <https://www.delorenzoglobal.com/es/maquinas-electricas/>

Adicionalmente, en la figura 10 se puede observar un diagrama de fuerza y control de un motor trifásico.

Figura 10. Conexión de fuerza y mando de un motor trifásico con equipos De Lorenzo.



Fuente: DE LORENZO. Maquinas eléctricas. 2019. [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31:disponible en: <https://www.delorenzoglobal.com/es/maquinas-electricas/>

La empresa Sidilab (sistemas Didácticos de Laboratorio) con sede en Villaviciosa de Odón, ubicada en Madrid España, ofrece a sus clientes diferentes opciones de bancos de pruebas para motores eléctricos, a base de contactores, plc, y demás artículos relacionados con el control de motores eléctricos, En la figura 11 se puede observar un banco de pruebas de motores modular, con un motor trifásico de 2HP y 6 bornes.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> SIDELAB. Banco de ensayo para maquinas eléctricas. [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <https://www.sidilab.com>

Figura 11: Módulo de banco de motores SIDILAB



Fuente: SIDELAB. Banco de ensayo para maquinas eléctricas. [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <https://www.sidilab.com>

Sidilab también ofrece diferentes tipos de motores según sus bornes de conexión, como se muestra en la figura 12.

Figura 12: motores de diferentes bornes y polos



Fuente: SIDELAB. Banco de ensayo para maquinas eléctricas. [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <https://www.sidilab.com>



La empresa China CHOIEO, ofrece diferentes tipos de bancos de motores para pruebas de motores eléctricos a diferentes voltajes, estos bancos están diseñados y contruidos para fines educativos, con los cuales sus clientes pueden desarrollar diferentes prácticas con motores eléctricos, en la siguiente figura 13 se muestra el modelo de uno de los bancos de pruebas de motores eléctricos <sup>11</sup>

Figura 13: Módulo de banco de motores CHOIEO sin medidores de variables



Fuente: CHOIEO. Módulo de banco de motores [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <http://www.choieo.com>

En la figura 14 se muestra otro diseño de la empresa CHOIEO, en el que se han incluido medidores de variables.

Figura 14: Módulo de banco de motores CHOIEO con medidores de variables



Fuente: CHOIEO. Módulo de banco de motores [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <http://www.choieo.com>

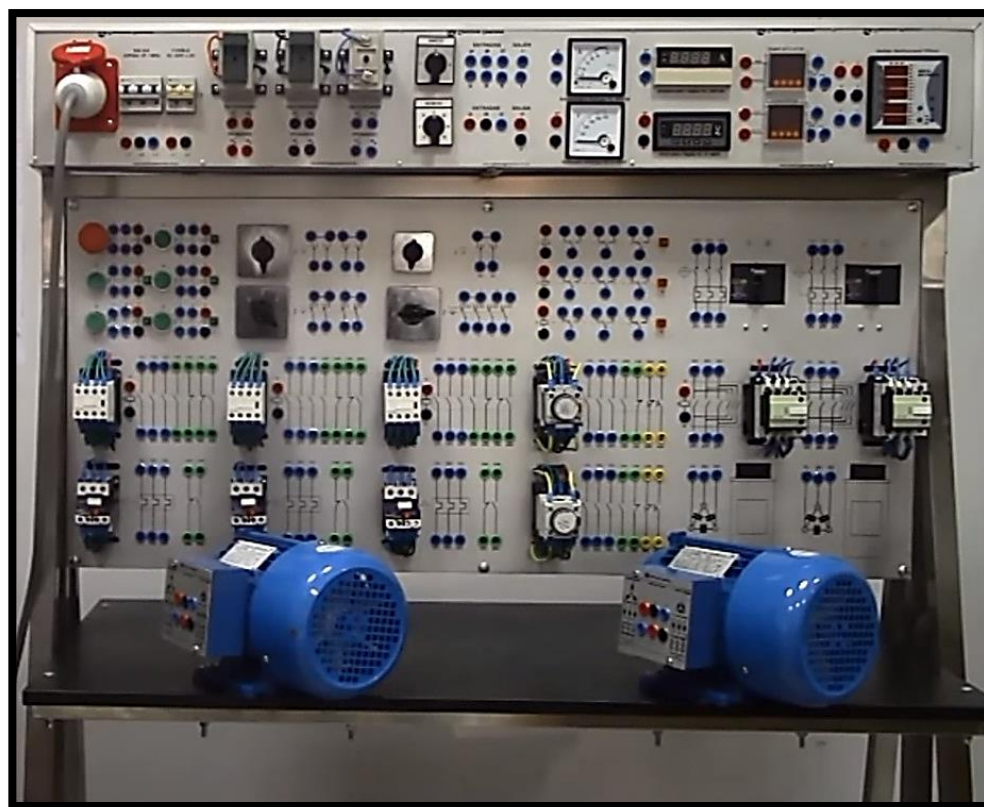
---

<sup>11</sup> CHOIEO. Módulo de banco de motores [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <http://www.choieo.com>

Los estudiantes de La universidad Nacional del Callao, con sede en Perú, diseñaron, e implementaron un banco de motores trifásico, al cual le incluyeron contactores, botones pulsadores, elementos de protección industrial, para la realización de diferentes prácticas con motores eléctricos.

Estas prácticas se pueden llevar a cabo de diferentes formas ya que el banco está diseñado para darle un uso didáctico y por tal motivo está abierto a diferentes conexiones con motores eléctricos, como son arranques estrella delta, inversión de giro, secuencias y cascadas de arranques de motores. En la figura 15 se muestra el banco de pruebas implementado por los estudiantes<sup>12</sup>.

Figura 15. Banco de pruebas para motores eléctricos



Fuente: PIZARRO Antony ROQUE. Arranque estrella- triángulo. Universidad Nacional del Callao, ingeniería Eléctrica y Electrónica, Julio 2015 [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=BGILOoSLa1o>.

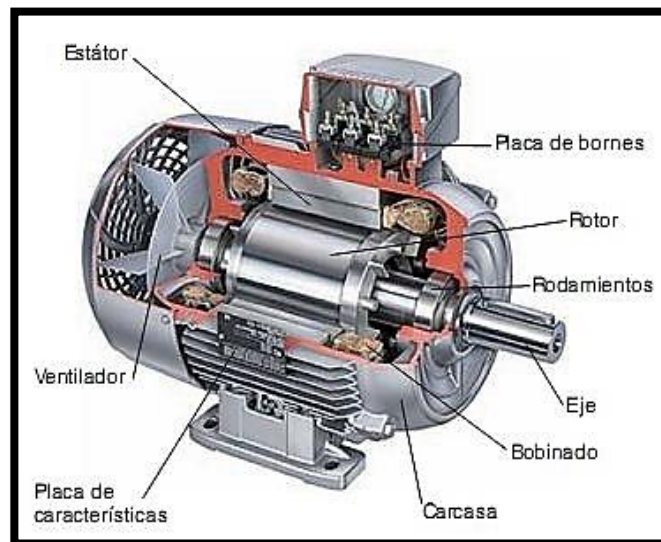
<sup>12</sup> PIZARRO Antony ROQUE. Arranque estrella- triángulo. Universidad Nacional del Callao, ingeniería Eléctrica y Electrónica, Julio 2015 [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=BGILOoSLa1o>

## 5. MARCO TEORICO

### 5.1 MOTOR ELÉCTRICO

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos motores son reversibles, pueden transformar energía mecánica en eléctrica y se conocen como generadores.<sup>13</sup> En la Figura 16 se muestran un motor eléctrico de ½ HP.

Figura 16. Motor eléctrico trifásico



Fuente: MOTOREX. Tipos de motor eléctrico. (En línea) Recuperado en 2019-10-31. Disponible en: <http://www.motorex.com.pe/blog/tiposmotorelectrico-cerrado-abierto/> 53p.

Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. Los polos de un motor deben estar alternados para que se repelen entre sí, y dar un movimiento de rotación.

A continuación, se describen algunas partes del motor eléctrico.

**5.1.1 Estator.** Es la base donde se lleva a cabo la rotación, es la parte fija del motor, y donde van los devanados del motor, en los motores trifásicos hay tres devanados desfasados 120 grados entre sí.

<sup>13</sup> Stephen J. Chapman. Maquinas Electricas Quinta Edicion. 521 p

**5.1.2 Rotor.** Es el que realiza la transferencia mecánica, ya que en él se ve la transferencia de energía eléctrica a mecánica.<sup>14</sup>  
Arranque de motores trifásicos

## **5.2 ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS**

Los motores se pueden arrancar de diferentes formas, dependiendo del uso, y mecanismos de conexiones.<sup>15</sup>

**5.2.1 Arranque directo.** En este tipo de arranque la intensidad absorbida es 5 a 7 veces mayor que la nominal a plena carga, por tanto, no se recomienda para motores de alta potencia, ya que podría afectar la parte mecánica del motor, y la red eléctrica que lo alimenta

**5.2.2 Arranque estrella delta.** Este tipo de arranque se debe iniciar en el orden de estrella a delta, para poder obtener un arranque suave de motores, este cambio se puede realizar desde el diagrama de mando accionando botones pulsadores en secuencia o por medio de un temporizador que ejecute el cambio de un estado a otro.

El consumo de corriente se reduce en un tercio respecto al arranque directo, y el cambio de estrella a delta de debe hacer, después que el motor adquiera una velocidad superior al 80 por ciento de la velocidad nominal.

**5.2.3 Arranque por resistencias.** Este tipo de arranque es aquel que por medio de resistencias variables conectadas en serie con el motor, se obtiene una variación de la velocidad de arranque, e iniciar un arranque suave.

Es recomendado para evitar daños mecánicos en el motor y la red de conexiones.

**5.2.4 Arranque por autotransformador.** Este tipo de arranque es aquel que conecta el devanado secundario de un transformador trifásico a los conectores del motor. Se inicia conectando los taps del transformador en baja tensión y se va cambiando de taps a medida que el motor va obteniendo la velocidad nominal.<sup>16</sup>

---

<sup>14</sup> MILLER, Rex; MILLER, Mark R. Industrial Electricity and Motors Control. United States of America: McGraw-Hill, 2016. 448 p. (ISBN 978-0-07-154476-4).

<sup>15</sup> N. MORALES, R. PALMA, J. ROMO, AND A. VALDENEGRO. Maquinas Eléctricas. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Eléctrica, 2014

<sup>16</sup> FRAILE Mora, Jesús. Máquinas Eléctricas. 5 ed. España: McGraw-Hill, 2016. 557 p. (ISBN 84-481-3913-5).

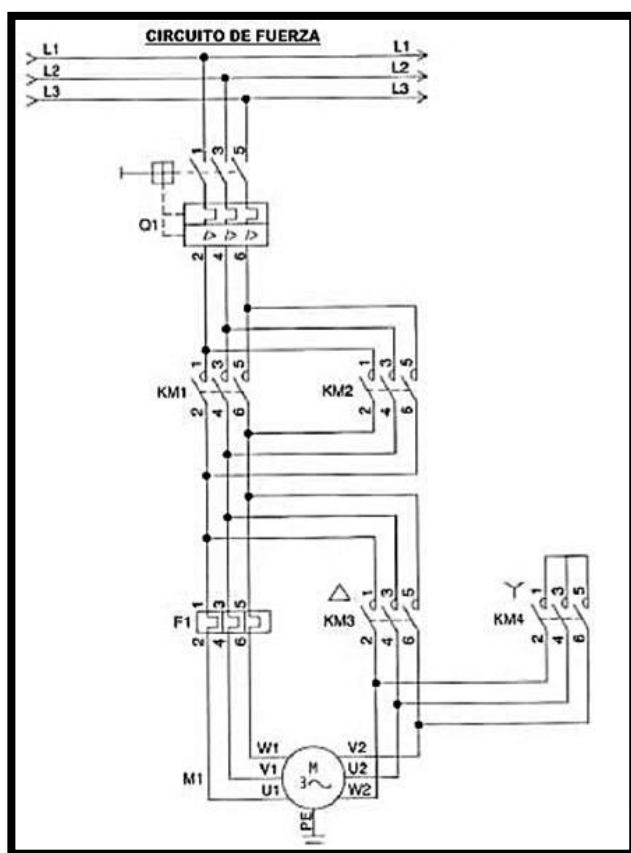
## 5.3 AUTOMATISMOS

Son circuitos de maniobra que permiten el mando y regulación de máquinas eléctricas.

**5.3.1 Circuito de fuerza.** El circuito de fuerza es aquel donde se conectan los dispositivos como motores, contactores de 40 amperios, y que soportan altas corrientes al momento de su accionamiento.<sup>17</sup>

Los voltajes en estas conexiones de fuerza podrían ser altos en el orden de 220V y 440V que resultaría ser perjudiciales hasta mortales para el ser humano.

Figura 17. Ejemplo de circuito de fuerza



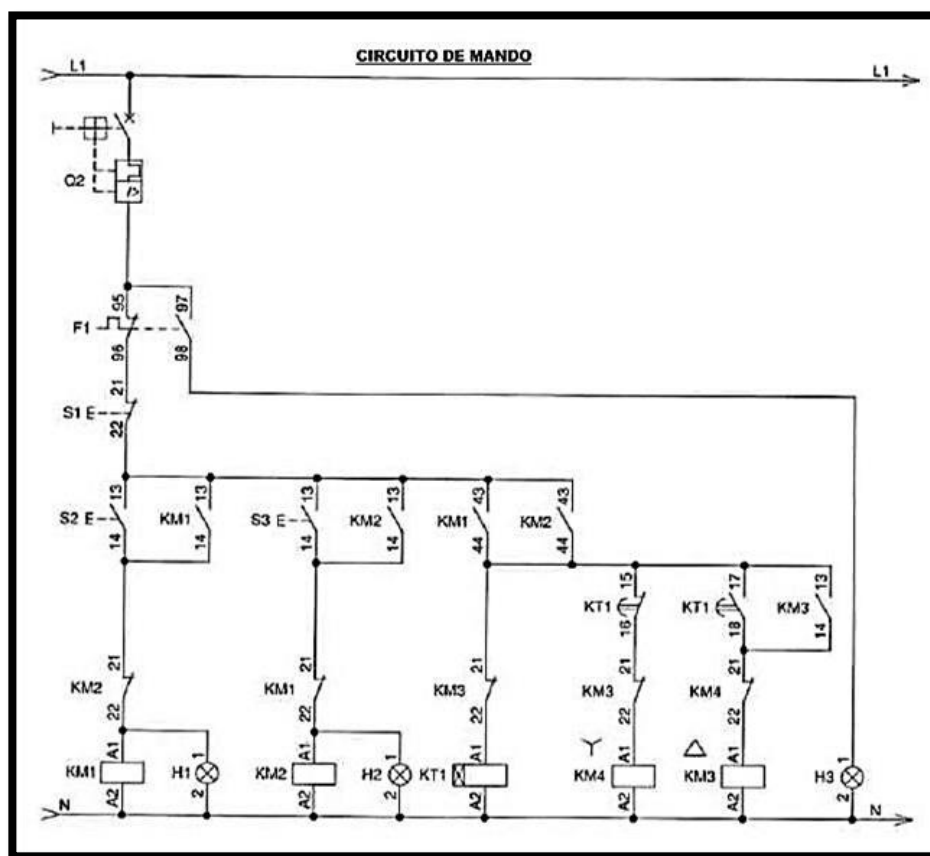
Fuente: Moeller Series, Arranque y control de motores trifásicos asíncronos (En línea) Recuperado en 2019-10-31. Disponible en: [www.eatonelectric.es](http://www.eatonelectric.es), 12 p

<sup>17</sup> KELJIK, Jeff. Electricity 4: AC/DC Motors, Control and maintenance. 9 ed. United States of America: Delmar, 2016. 360 p. (ISBN-13: 978-1-4354-0031-3).

**5.3.2 Circuito de Mando.** El circuito de mando es aquel donde se conectan los dispositivos como bobinas, pilotos, botones pulsadores, que no requieren gran consumo de corriente y se podrían manejar a bajas tensiones como son desde los tres voltios hasta los 220V, pero del orden de 1 Amperio.<sup>18</sup>

En este esquema de mando se configura el orden que debe seguir el circuito de Fuerza para evitar cortocircuitos o arranque de motores indeseados.

Figura 18. Ejemplo de circuito de mando



Fuente: Moeller Series, Arranque y control de motores trifásicos asíncronos (En línea) Recuperado en 2019-10-31. Disponible en: [www.eatonelectric.es](http://www.eatonelectric.es), 12 p

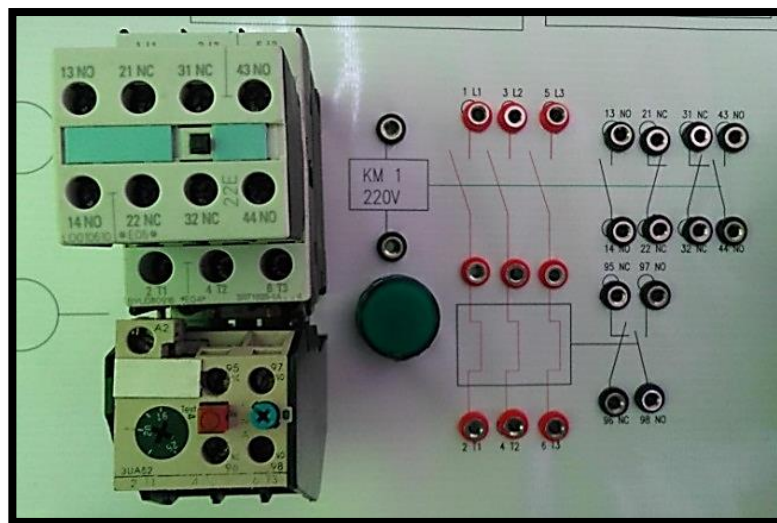
**5.3.3 Contactores, Auxiliares y relés térmicos.** El contactor es un aparato eléctrico de mando, con el que se puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es el encargado de la apertura y cierre de circuitos eléctricos de motores. Está conformado por bobina, contactos abiertos y cerrados, son interruptores de apertura y cierre de la corriente en el circuito.

<sup>18</sup> KOSOW, Irving L. Control de Máquinas Eléctricas. España: Reverté S.A., 2016., 73 P.

El auxiliar es un dispositivo que se adiciona físicamente al contactor para ser accionado mecánicamente por el mismo contactor y de este modo tener más opciones de conexión en los circuitos de mando.

El relé térmico es un dispositivo que se acopla al contactor para dar protección al motor en caso de sobrecargas o sobrecalentamientos, su función principal es accionar sus contactos normalmente cerrado y abierto ubicado en la parte superior del mismo, y con este fin poder desconectar diagramas de mando. En la Figura 19 se muestra un contactor con auxiliar y relé térmico a 220 V.

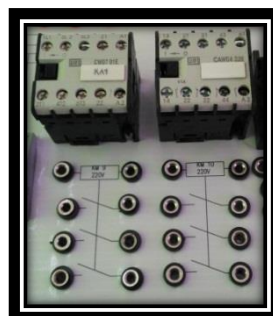
Figura 19. Contactor con auxiliar y relé térmico de 220 V



Fuente: Autor

**5.3.4 Minicontactores.** Los minicontactores son usados en espacios reducidos de cajas de control usan una bobina interna y contactos normalmente abiertos y cerrados, soportan auna corriente máxima de 10 Amperios por tal motivo se aconseja usar solo para diagramas de mando. En la Figura 20 se muestran dos minicontactores de 220 voltios.

Figura 20. Minicontactor de 220 V.

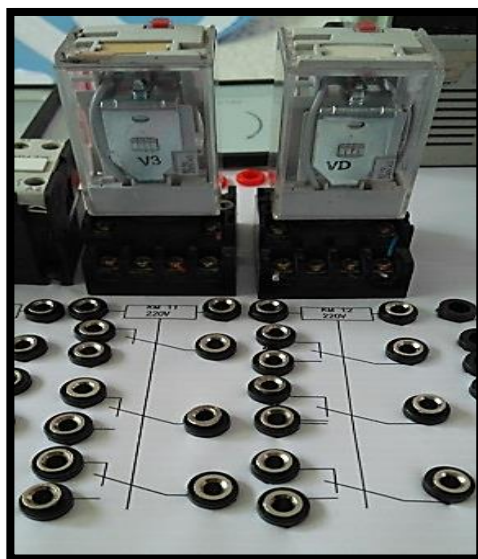


Fuente: Autor



**5.3.5 Relé enchufable de 11 pines.** Son usados en montajes pequeños, con espacios reducidos, estos relés se pueden intercambiar fácilmente ya que son enchufables en una base de pines la cual va cableada a los circuitos de mando, se recomienda usar a máximo 10 A. En la Figura 21 se muestran dos relés enchufables a 220 V.

Figura 21. Relés enchufables de 220 V.



Fuente: Autor

**5.3.6 Temporizadores.** Son elementos que se utilizan para dar marcha o paro a un sistema después de cierto tiempo, también son usados para dar retardos en la conexión, desconexión y conexión – desconexión de contactores.<sup>19</sup>

La conexión y desconexión de contactores puede ser muy rápida y por consiguiente se podría generar un corto circuito ya que un contactor no ha terminado de desconectarse y al mismo tiempo otro estaría en conexión, es el caso arranque estrella delta donde dos contactores no pueden estar conectados al mismo tiempo o de lo contrario se produce un corto circuito entre contactores.

**5.3.7 Temporizador Magnético.** Es aquel que está conectado físicamente al contactor de modo que en el momento de accionarse el contactor el inicia una cuenta regresiva para finalmente accionar sus contactos normalmente cerrado y abierto ubicado en la parte superior del mismo, y con este fin poder desconectar diagramas de mando. En la Figura 22 se muestra un temporizador neumático para contactor.

---

<sup>19</sup> PALLÁS Areny, Ramón. Instrumentos Electrónicos Básicos. España: Marcombo, 2017. 317 p. (ISBN 84-267-1390-4).



Figura 22. Temporizador neumático para contactor.



Fuente: Tomada de: <https://es.rs-online.com/web/p/temporizadores-para-contactores>.

**5.3.8 Temporizador (12 min) Maxtech TH3A.** El temporizador Maxtech es usado para asignar un tiempo de espera a un sistema de control para dar marcha o paro a determinada secuencia.

En el momento de encendido del temporizador el inicia una cuenta regresiva para finalmente accionar su contacto normalmente cerrado y abierto ubicado en la parte interna del mismo, y con este fin poder desconectar diagramas de mando.

En la figura 23 muestra un temporizador Maxtech TH3A.

Figura 23. Temporizador Maxtech TH3A

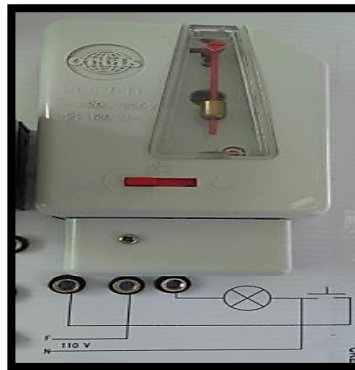


Fuente: Autor

**5.3.9 Temporizador de péndulo.** Es usado para dar paro o marcha a un sistema de mando, consta internamente de una bobina que, al ser encendida, acciona el solenoide de la bobina, el cual se engrana en un piñón dentado que gira a la

velocidad del péndulo y deja de accionarse cuando el piñón se desengrana. El engrane del piñón acciona un contacto normalmente cerrado. El tiempo del temporizador se ajusta con el péndulo ya que al subir o bajar la masa del péndulo, este ajusta el ángulo. En la figura 24 muestra un temporizador de péndulo.

Figura 24. Temporizador de péndulo



Fuente: Autor

## 5.4 MEDIDORES DE VARIABLES

En el banco de motores eléctrico didáctico se manejarán diferentes variables como son voltajes, corrientes, frecuencias y sentidos de giro por tal motivo se implementará diferentes equipos de medición.

**5.4.1 Voltímetros (220 voltios).** Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

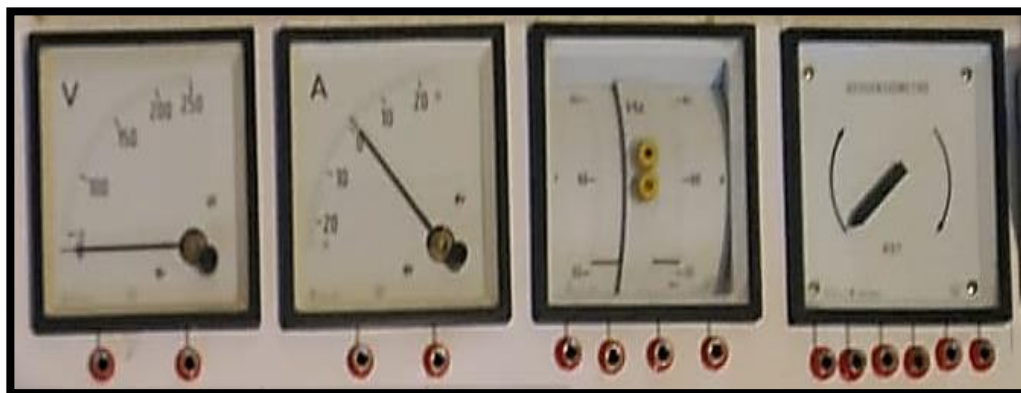
**5.4.2 Amperímetros (25 A).** Es un aparato utilizado para medir la intensidad o corriente eléctrica.

**5.4.3 Frecuencímetros.** Instrumento usado para medir la frecuencia, su función es contar el número de repeticiones de la una onda en la misma posición en intervalo de tiempo.

**5.4.4 Secuenciómetros trifásicos.** Los Secuencio metros trifásicos son elementos utilizados para saber o conocer el sentido de giro de un motor trifasico.

En la Figura 25 se muestra los elementos de medición.

Figura 25. Elementos de medición

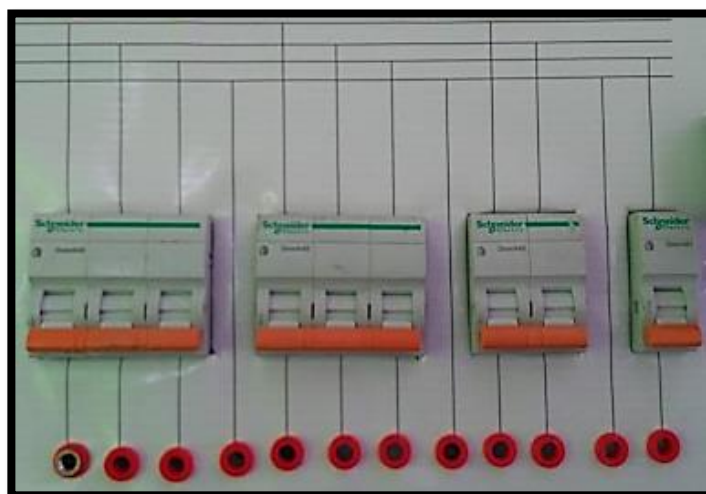


Fuente: Autor

## 5.5 PROTECCIÓN DE MOTORES

Los elementos del circuito de fuerza deben estar debidamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas, por tal motivo se usan breakers trifásicos, bifásicos y monofásicos y un totalizador. En la figura 26 muestran breakers.

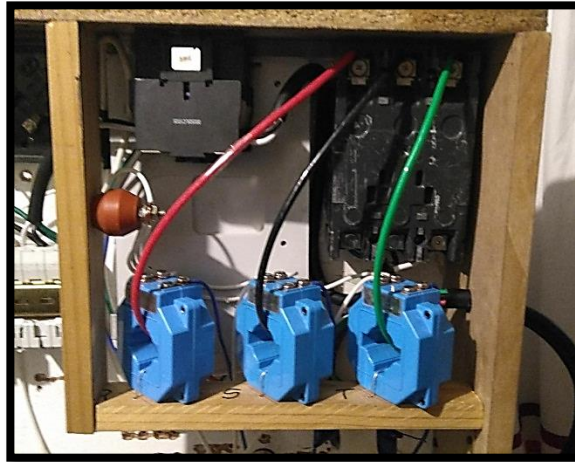
Figura 26. Breakers trifásicos, bifásicos y monofásicos.



Fuente: Autor

El arranque o parada total de los motores estará comandada desde un contactor de 40 Amperios el cual garantiza un inicio y parada segura en caso de errores. El medidor de electricidad de tarifas múltiples, permite en tiempo real detectar si hay consumos altos de corriente, gracias a sus transformadores de corriente. En la figura 27 se muestran los transformadores de corriente conectados al medidor de tarifas múltiples.

Figura 27. Transformadores de corriente.

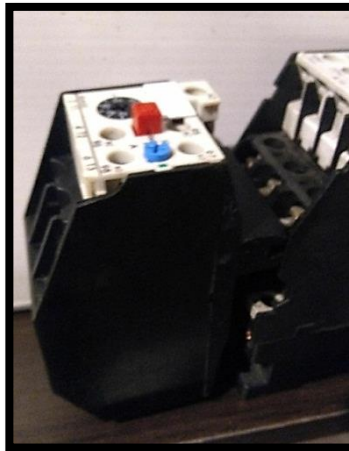


Fuente: Autor

Un contactor no detecta altos consumos de corriente, por tal motivo es necesaria hacer uso del térmico, el cual en caso de recalentamientos o altos consumos de corriente, acciona sus contactos auxiliares los cuales son usados para des energizar el sistema y poder parar de modo seguro.<sup>20</sup>

En la figura 28 se muestra el térmico con sus contactos auxiliares.

Figura 28. Térmico con contactos auxiliares



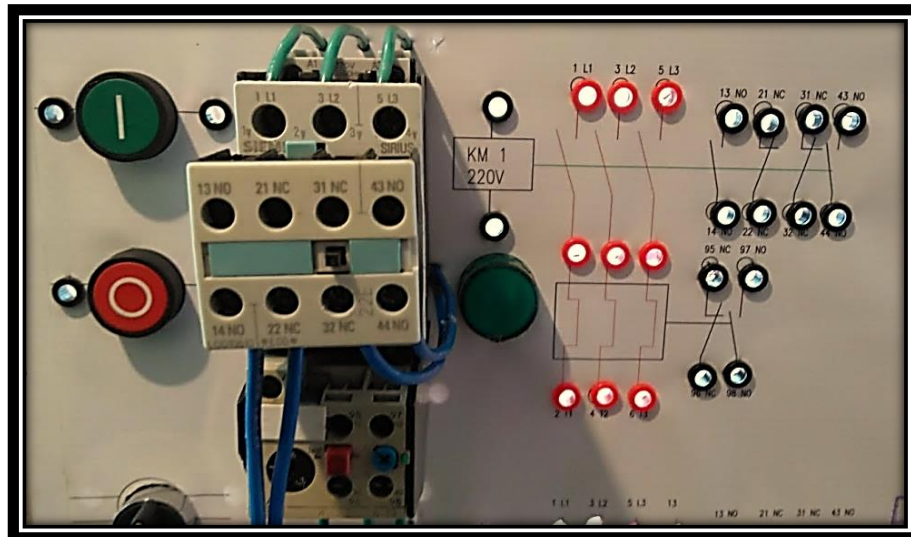
Fuente: Autor

---

<sup>20</sup> NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION. NEMA Standards publication MG 1-2006: Motors and Generators. Rosslyn: NEMA 2016. 592 p.

Se instala el cableado desde el contactor hacia la parte trasera del módulo, para ser soldada a las bananas como se muestra en la figura 29, cableando desde el contactor hacia las bananas, para ser soldadas.

Figura 29. Conexión del contactor.



Fuente: Autor

## **6. METODOLOGÍA**

Este trabajo de grado se llevó a cabo en las siguientes fases.

### **6.1 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN**

En esta fase se llevó a cabo la recopilación de información sobre los motores eléctricos como sus mecanismos de protección, arranque, circuitos de potencia, circuitos de mando, entre otros. Por otra parte, fue necesario recopilar información sobre los recursos de laboratorio que dispone el programa de Ingeniería Electrónica en la Universidad Católica de Colombia.

Adicionalmente se recopilaron las temáticas de las asignaturas de control automático y electrónica industrial, a fin de identificar los temas de las guías prácticas a desarrollar.

### **6.2 DISEÑO DEL PLANO**

En esta fase se seleccionaron los diferentes componentes del banco de pruebas, se diseñó el plano eléctrico y el plano estructural del mismo. También se definieron los temas de las guías prácticas de laboratorio.

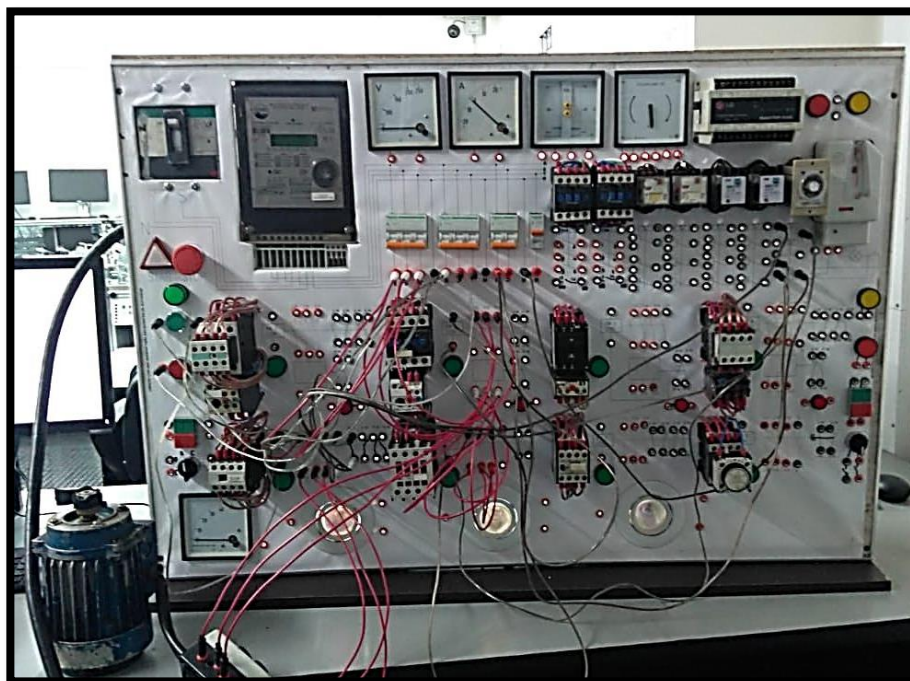
### **6.3 IMPLEMENTACIÓN**

En esta fase se llevó a cabo la interconexión de todos los componentes del banco de pruebas. Se conectaron los contactos de fuerza 1L1, 3L2, 5L3, 2T1, 4T2, 6T3 del contactor a sus respectivas bananas de conexión, adicionalmente se tomó los conectores de 2T1, 4T2, 6T3 de las salidas del térmico y se conectaron a sus respectivas bananas.

### **6.4 PRUEBAS Y VALIDACIÓN**

En esta etapa se probó el funcionamiento del banco mediante la ejecución de las prácticas de laboratorio previamente elaboradas. En la figura 30 se muestra una de las pruebas de las guías.

Figura 30 Pruebas de montaje de las guías



Fuente: Autor



## 7 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Inicialmente se recopiló información sobre motores de corriente alterna como los tipos de arranque, mecanismos de protección, circuitos de fuerza, de control y de mando, entre otros, los cuales se han presentado previamente en la sección de marco teórico. Adicionalmente, se recopiló la siguiente información.

### 7.1 RECURSOS DE LABORATORIO DISPONIBLES

A continuación, se listan los recursos de laboratorio disponibles en el programa de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Católica de Colombia, que podrían integrarse al banco de pruebas y utilizarse en prácticas de control automático y electrónica industrial.

- ✓ Motores trifásicos de 9 bornes, marca Siemens, 2 hp.
- ✓ 1 Variador de velocidad SIMATIC V20 marca Siemens
- ✓ PLCs marca Siemens S7-1200, 24 V.

Adicionalmente, el autor de este trabajo de grado se propone en adquirir y donar al laboratorio los siguientes elementos, a fin de cumplir con los objetivos propuestos.

- ✓ 1 motor bifásico/monofásico de 2 hp, 220/110 V.
- ✓ 1 motor trifásico de 6 bornes de ½ hp.
- ✓ 1 motor trifásico de 3 bornes de 2 hp.

### 7.2 UNIDADES TEMÁTICAS

Se revisó el syllabus de las asignaturas Control automático (Código: CT08003) y Electrónica industrial (Código CT06042) identificando las temáticas de la tabla 1, como potenciales para ser desarrolladas con el banco de pruebas.

Tabla 1. Temas potenciales de las asignaturas Control automático y Electrónica industrial para ser desarrollados con el banco de pruebas de motores.

Asignatura	Unidad	Tema
Electrónica industrial	Controladores lógicos programables	Automatismos
		Programación de PLCs
	Motores DC y AC	Programación de PLCs
		Principios de funcionamiento de los motores AC y clasificación
		Control de motores AC
Control automático	Control secuencial	Sistema lógico combinacional y secuencial
		Arquitectura de PLCs
		Lenguajes de programación Ladder y Grafcet

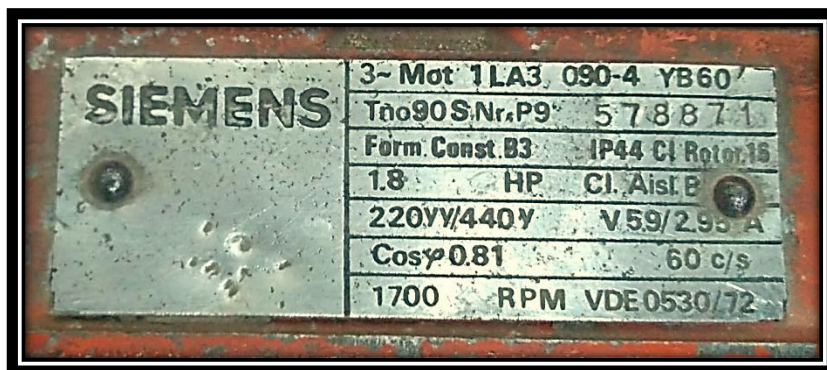
Fuente: Autor



### 7.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MOTORES DISPONIBLES

En la placa característica de cada motor se describen datos importantes del motor como se ve en la figura 31 del motor trifásico de tres puntas.

Figura 31 placa característica motor trifásico de 3 bornes



Fuente: Autor

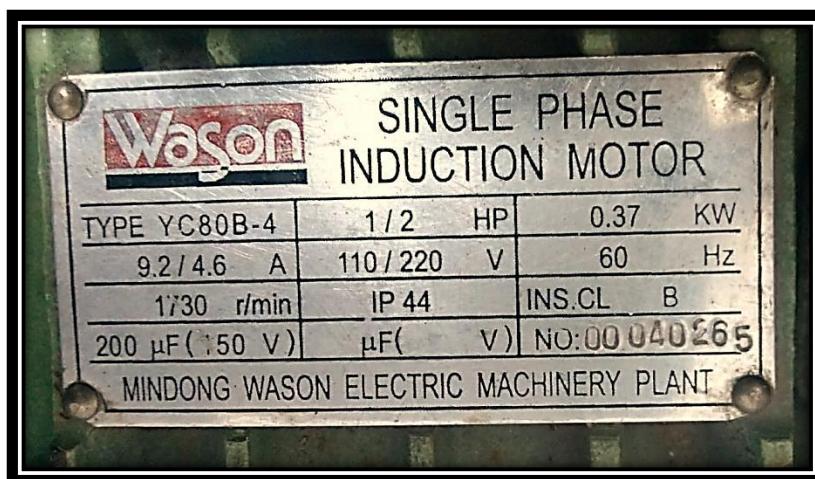
Su interpretación se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Características técnicas del motor trifásico de tres bornes

Característica técnica	Valor
Tensión aplicada en triángulo	220 V
Tensión aplicada en estrella	380 V
Corriente consumida en estrella	5,9 A
Corriente consumida en triángulo	9,3 A
Número de fases de motor	3
Frecuencia en ciclos por segundo	60 Hz
Factor de potencia del motor	0,81
RPM del motor con carga	1700
Potencia en caballos fuerza	3 HP
Potencia en Kilovatios	1.8 KW
Tipo de motor trifásico	Jaula de ardilla, código B.
Potencia de salida	$= 3 \text{ HP} = 3 \times 746 = 2238 \text{ W. } 40$
Potencia de entrada	$= 1,73 \times E.I \cos \phi$
	$= 1,73 \times 220 \times 9,3 \times 0,85 = 3008,6 \text{ W}$
Eficiencia	$= 2238 / 3008,6 = 74,4\%$
Deslizamiento	$= (1800 - 1710) / 1710 \times 100\% = 5,3\%$
Par motor	$= 746 \times \text{HP} / \text{RPM} = 746 \times 3 / 1710 = 1,31 \text{ m-kg.}$

Fuente: Autor

Figura 32 placa característica motor bifásico



<b>Wason</b>				SINGLE PHASE INDUCTION MOTOR	
TYPE YC80B-4	1 / 2	HP	0.37	KW	
9.2 / 4.6 A	110 / 220	V	60	Hz	
1730 r/min	IP 44	INS.CL		B	
200 $\mu$ F (150 V)	$\mu$ F ( V )	NO:00040265			
MINDONG WASON ELECTRIC MACHINERY PLANT					

Fuente: Autor

En la figura 33 se muestra un motor trifásico de 6 bornes de  $\frac{1}{2}$  caballo de fuerza

Figura 33. Motor trifásico de 6 bornes



Fuente: Autor

Para el motor trifásico de 6 bornes en un arranque estrella triangulo se debe tener en cuenta los siguientes cálculos.

Tabla 3. Características técnicas del motor de 6 bornes

Corriente de arranque	
Directo:	4 a 8 veces la corriente nominal.
Estrella - triángulo :	1,3 a 2,6 veces In.
Resistencia :	4,5 veces la In.
Autotransformador:	1,7 a 4 veces In.
Par de arranque	
Directo :	0,6 a 1,5 veces del nominal.
Estrella - triángulo :	0,2 a 0,5 veces.
Resistencia :	0,6 a 0,85 Veces.
Autotransformador :	0,4 a 0,85 Veces.
Duración del arranque:	
Directo :	2 a 3 segundos.
Estrella - triángulo :	7 a 12 segundos
Autotransformador:	7 a 12 segundos.

Fuente: Autor

En la figura En la figura 34 se muestra un motor trifásico de 6 bornes de ½ caballo de fuerza

Figura 34. Motor trifásico de 6 bornes

MADE IN VIETNAM				<b>BONFIGLIOLI RIDUTTORI</b>			
3~ Mot BN80B4				No 60593450006			
Cod. 830820106				IMB 5 IP 55			
 V Δ/Y		I.C.L. F		S 1		cos φ	
		Hz	kW	A Δ/Y		min-1	
230/400		50	0.75	3.2 - 1.85		1400	0.78
460		60	0.9	1.90		1700	
220-240 VΔ		3.2-3.3 A				50Hz	
380-415 VY		1.87-1.90 A					
440-480 VY		1.93-1.92 A				60Hz	
							A034374

Fuente: Autor

## 8 DISEÑO DEL BANCO

### 8.1 SELECCIÓN DE COMPONENTES

Teniendo en cuenta las temáticas que se podrían desarrollar con el banco de pruebas y los requerimientos de protección de las máquinas eléctricas, se determinó que el banco debe contener como mínimo los siguientes elementos.

- ✓ Protecciones contra sobrecarga y cortocircuito
- ✓ Contactores para operación de cargas de potencia con contactos auxiliares para implementar automatismos.
- ✓ Relés de 24 voltios para implementar circuitos de control con PLCs.
- ✓ Relés temporizadores para implementar automatismos cableados.
- ✓ Medidor de energía consumida.
- ✓ Elementos indicadores de variables como corriente, voltaje, frecuencia, secuencia.
- ✓ Elementos de señalización (luces piloto para prueba de diferentes automatismos)
- ✓ Elementos de mando (pulsadores para los circuitos de mando).

Los elementos de potencia (contactores), el medidor y las protecciones se seleccionaron teniendo en cuenta la corriente nominal  $I_n$  de los motores trifásicos de mayor potencia (2 hp), esto es: ver ecuación 1.

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_L} = \frac{2 \times 745 \text{ W}}{\sqrt{3} \times 208 \text{ V}} = 4.1 \text{ A}$$

Donde

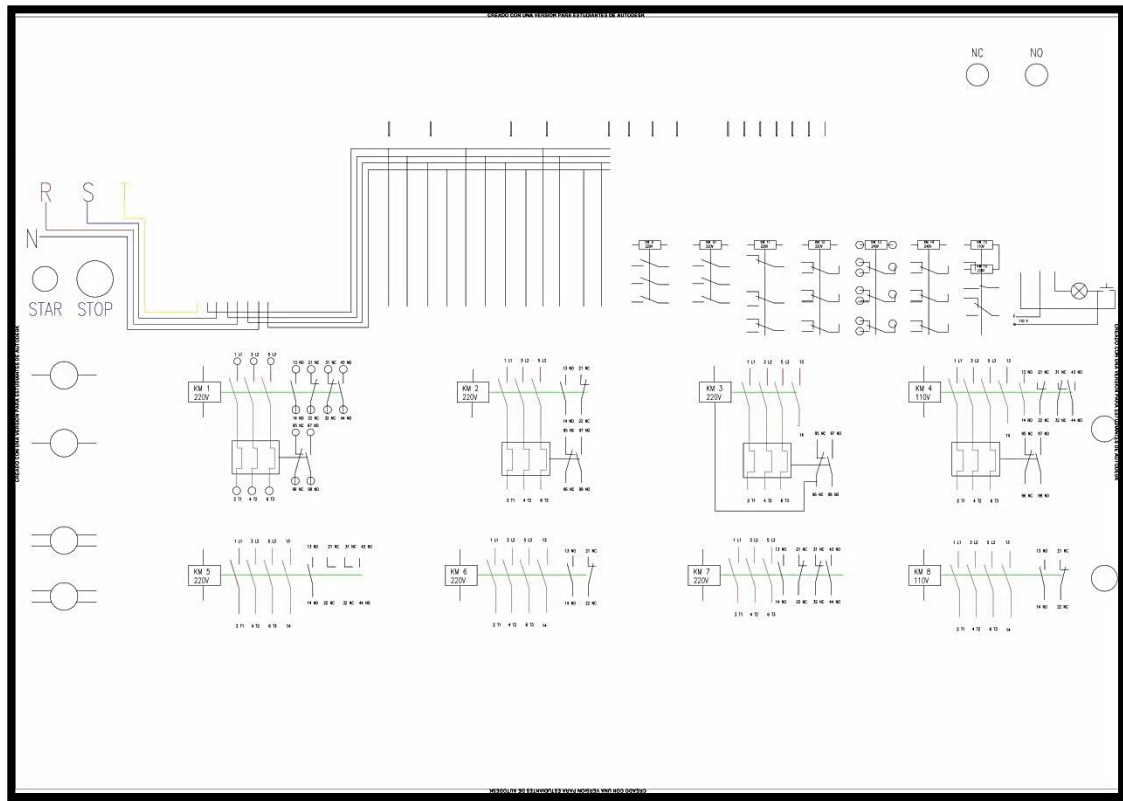
- $P_n$  es la potencia nominal de los motores
- $V_L$  es el voltaje de línea de la red (208 V).

Inicialmente, se realizó un plano a mano alzada a escala real con los elementos puestos sobre la tabla. De manera que, se pudiese tener medidas exactas de cada uno de los componentes del banco.

### 8.2 DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO

En esta fase se estimaron las dimensiones del plano, estas son 1m de largo x 0.70m de ancho, que tiene una escala de 1:1, donde se elaboró un diseño en Autocad. En la figura 35 se presenta el plano de distribución de componentes, diseñado en Autocad. Las medidas de la estructura del banco son: alto 0.70 m, ancho 1.0 m, fondo 0.20 m.

Figura 35. Plano de distribución de componentes del banco de prueba



Fuente: Autor

La distribución del tablero de control y potencia se ubica en la parte superior del banco y la parte de motores se ubicará en la parte inferior, para que pueda ser aislada y protegida por motivos de seguridad. La distribución en el tablero de medición y protección contará con:

- ✓ Totalizador de 100 Amperios.
- ✓ Breakers trifásicos, Bifásicos y monofásicos.
- ✓ Medidores (voltímetros, amperímetros, frecuenciómetros y secuenciómetros).

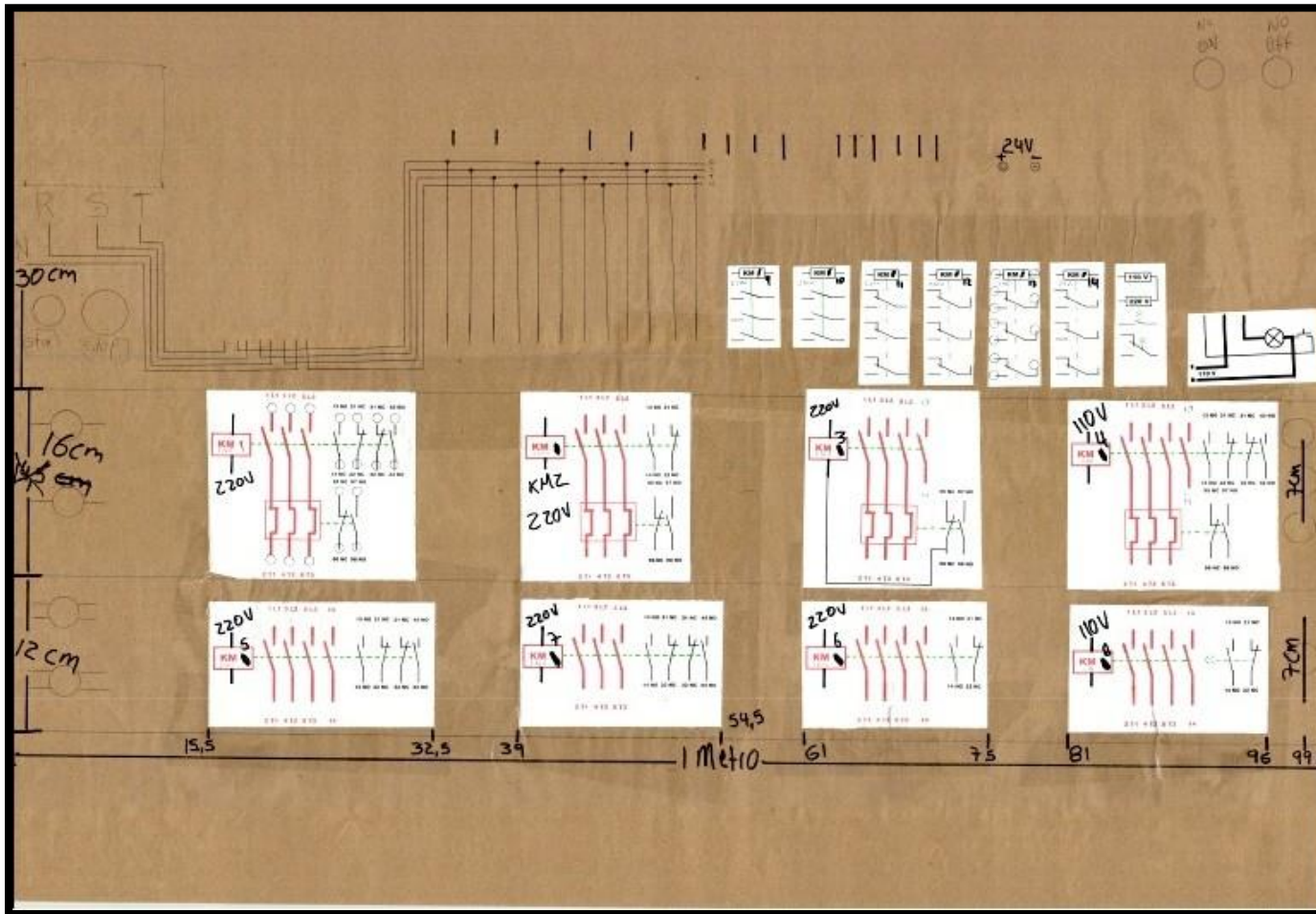
La distribución en el tablero de control y potencia cuenta con:

- ✓ Contactores de 220V y 110V.
- ✓ Medidores de voltaje, corriente Frecuencia y sentido del giro.
- ✓ Temporizadores eléctricos y magnéticos.
- ✓ Botones pulsadores y de parada de emergencia.

Se realizó el diseño, en el que se utilizaron los elementos para realizar el mismo a mano alzada y con medidas exactas donde se logró un mejor aprovechamiento del espacio, más practicidad a la hora de su uso y un fácil almacenamiento, debido a que sus dimensiones son 70 cm alto x 1m ancho.



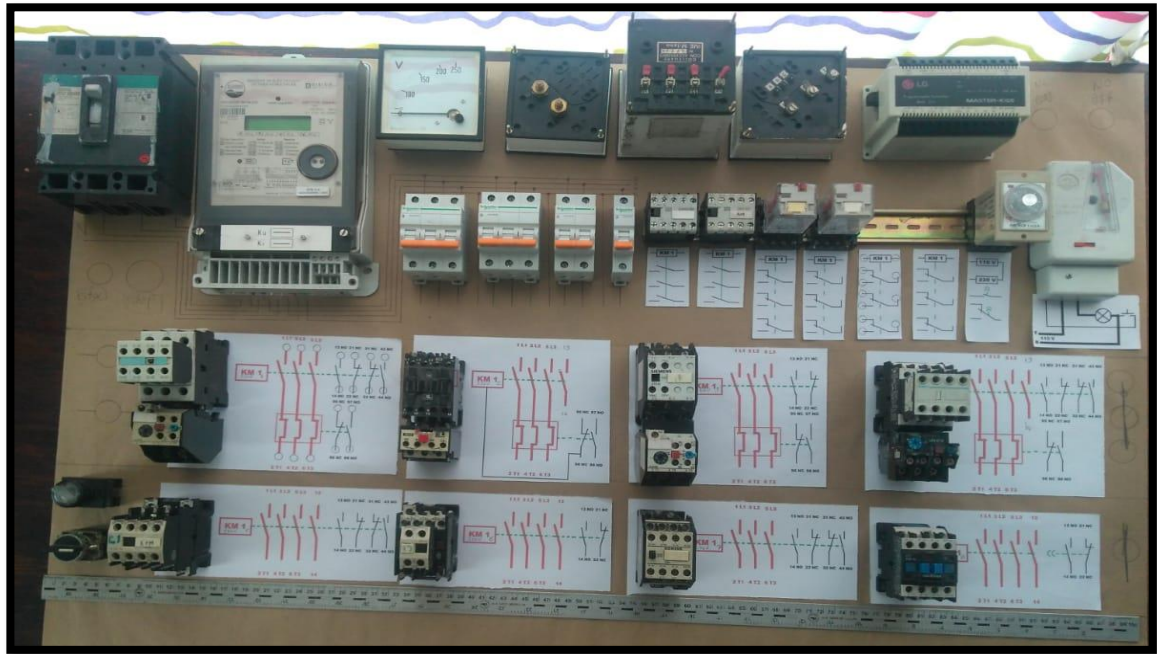
Figura 36 Plano a mano alzada



Fuente: Elaboración propia.

Se instalaron los elementos sobre el plano a escala real para poder hacer los huecos donde pasarían los cables. En la figura 37 se presenta la distribución de los elementos a escala real

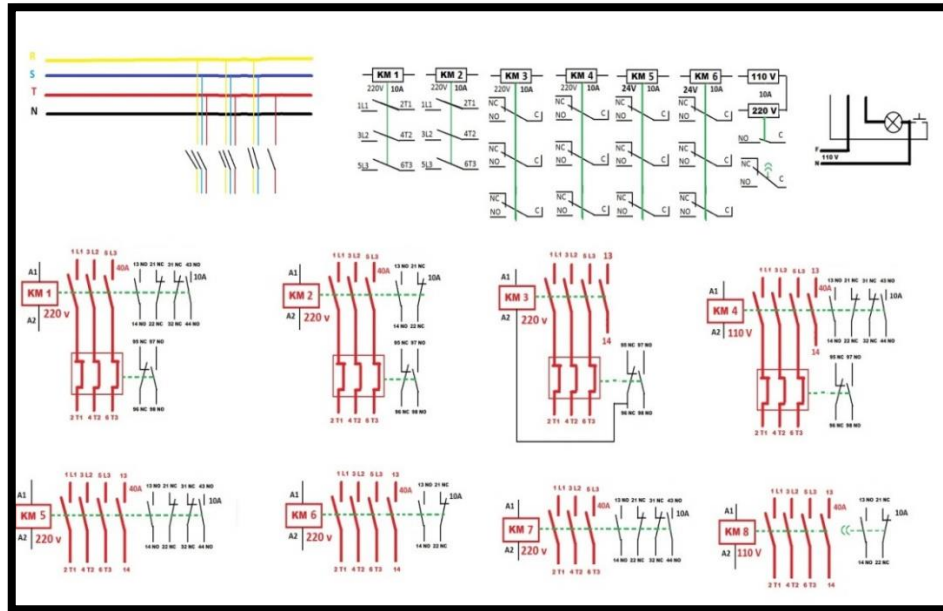
Figura 37. Distribución de los elementos a escala real.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 38 se presentan las características técnicas de los diferentes contactores y relés a utilizar en el banco de pruebas para motores. En la tabla 4 se muestra la descripción técnica de cada elemento.

Figura 38. Características técnicas de los contactores y relés



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4 Descripción de los diferentes elementos del banco

Elemento	Descripción técnica
KM1	contactor 40 Amperios de 220 Voltios con protección térmica y 4 contactos auxiliares
KM2	contactor 40 Amperios de 220 Voltios con protección térmica y 2 contactos auxiliares
KM3	contactor 40 Amperios de 220 Voltios con protección térmica
KM4	contactor 40 Amperios de 110 Voltios con protección térmica y 4 contactos auxiliares
KM5	contactor 40 Amperios de 220 Voltios con 4 contactos auxiliares
KM6	contactor 40 Amperios de 220 Voltios con 2 contactos auxiliares
KM7	contactor 40 Amperios de 220 Voltios con 4 contactos auxiliares
KM8	contactor 40 Amperios de 110 Voltios con temporizador neumático
KM9	minicontactor 10 Amperios de 220 Voltios de 4 contactos
KM10	minicontactor 10 Amperios de 220 Voltios de 4 contactos
KM11	relé enchufable 10 Amperios de 220 Voltios
KM12	relé enchufable 10 Amperios de 220 Voltios
KM13	relé enchufable 10 Amperios de 24 Voltios
KM14	relé enchufable 10 Amperios de 24 Voltios
	Temporizador TH3A de 3 minutos
	Temporizador de péndulo
	Totalizador trifásico de 100 Amperios
	Breaker trifásico schneider de 63 Amperios, se recomienda para circuitos de fuerza
	Breaker trifásico schneider de 50 Amperios, se recomienda para circuitos de mando
	Breaker bifásico schneider de 50 Amperios, se recomienda para motor bifásico
	Breaker monofásico schneider de 10 Amperios, se recomienda para circuitos de mando
	Medidor de electricidad de tarifas múltiples
	Bombillas incandescentes 110 y 220 voltios

Fuente: Autor



### **8.3 DISEÑO DE GUÍAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO**

Teniendo en cuenta las temáticas del contenido curricular de las asignaturas de Control automático y Electrónica industrial, se proponen los siguientes temas para desarrollar en 4 guías de laboratorio.

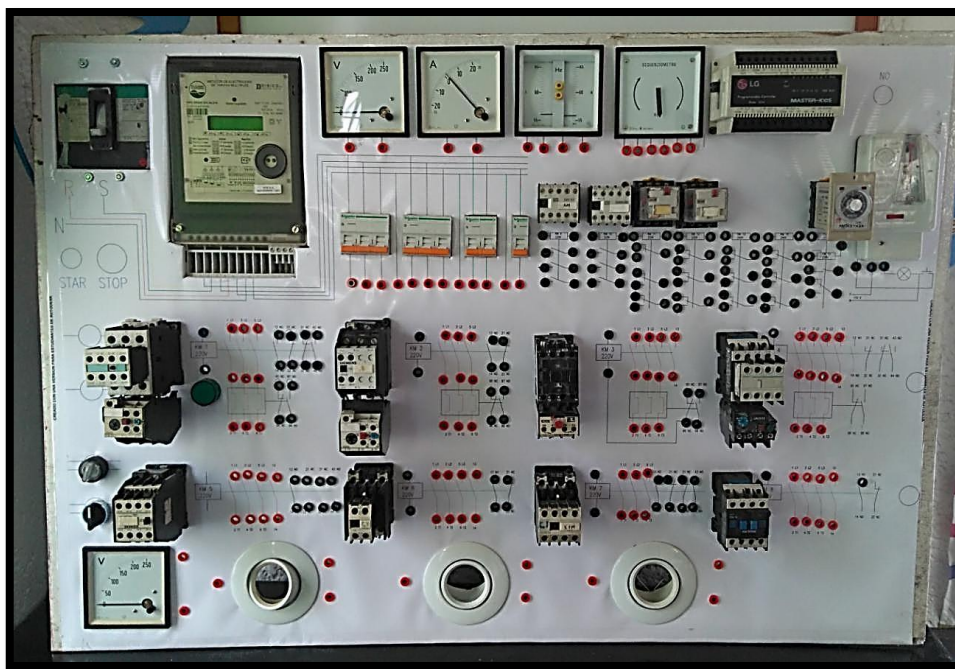
- ✓ Arranque de motores eléctricos e inversión de giro
- ✓ Automatismo para arranque en secuencia de motores
- ✓ Control de motores con PLCs
- ✓ Control de velocidad con variador

En los anexos (A-D) se presentan las guías de laboratorio desarrolladas.

## 9. IMPLEMENTACIÓN

En esta parte se realiza una secuencia en la construcción del banco. Primero se efectuó la compra de los materiales que intervienen en la fabricación de la estructura para el banco de pruebas. Se construyó la estructura base del banco de pruebas, para luego empezar el trabajo de perforación de la plancha para colocar de los elementos eléctricos, como se muestra en la figura 39

Figura 39. Distribución final de elementos en el banco de pruebas



Fuente: Elaboración propia.

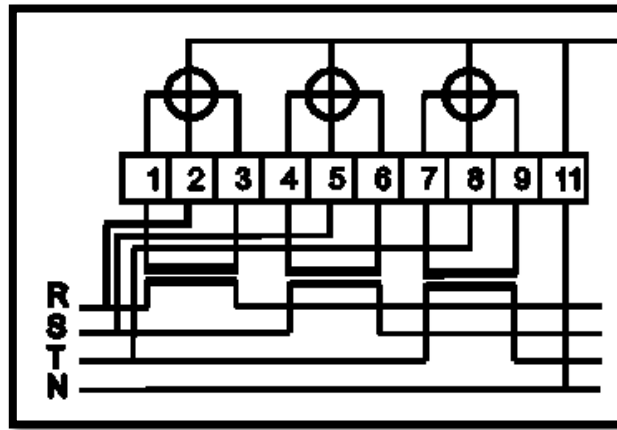
Se realizó la impresión en escala 1:1 para verificar letras y números además de comprobar las perforaciones con los dibujos realizados en el plano. En total se realizaron tres veces las impresiones del dibujo antes de imprimir el vinil. Se realizó la impresión del vinil y se comprobó que existían ciertos detalles que corregir con respecto a los dibujos y las perforaciones realizadas.

Luego se comenzó el montaje y alineación de elementos eléctricos; se instaló un riel a la medida para montaje de cada elemento en el tablero. Se procedió a realizar la instalación y conexión de borneras, pruebas de continuidad del cableado realizado.

Se instalaron los transformadores de corriente para el medidor de electricidad de tarifas múltiples. El cual está conectado de forma usando transformadores

de corriente. En la figura 40 se muestra la conexión del medidor de electricidad de tarifas múltiples

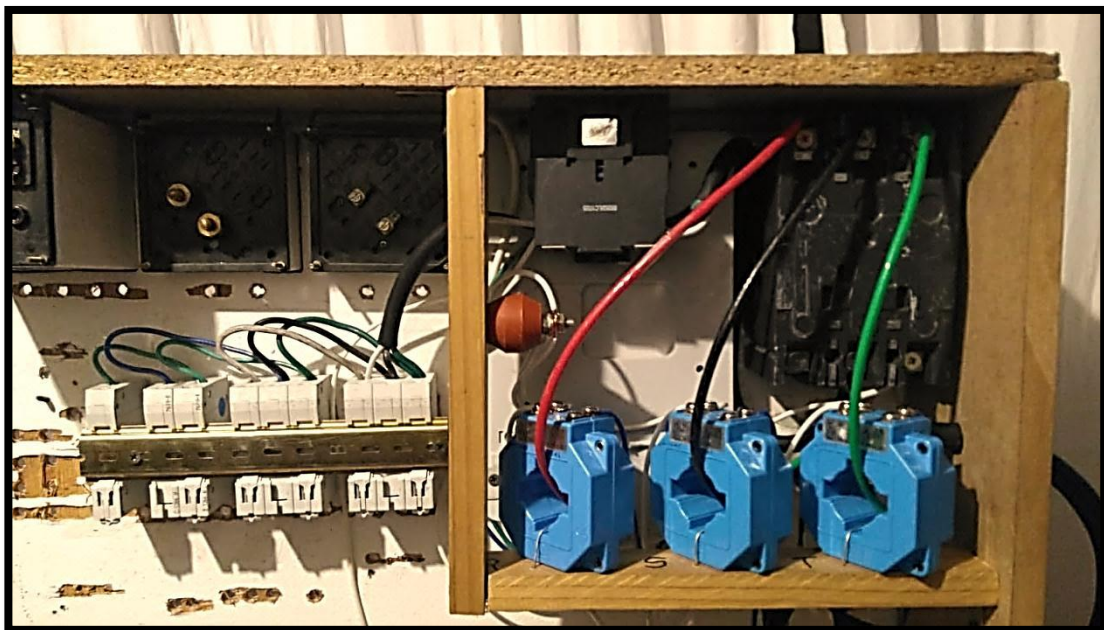
Figura 40. Diagrama de conexión del medidor de tarifas múltiples



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 41 se muestra la instalación de los transformadores de corriente.

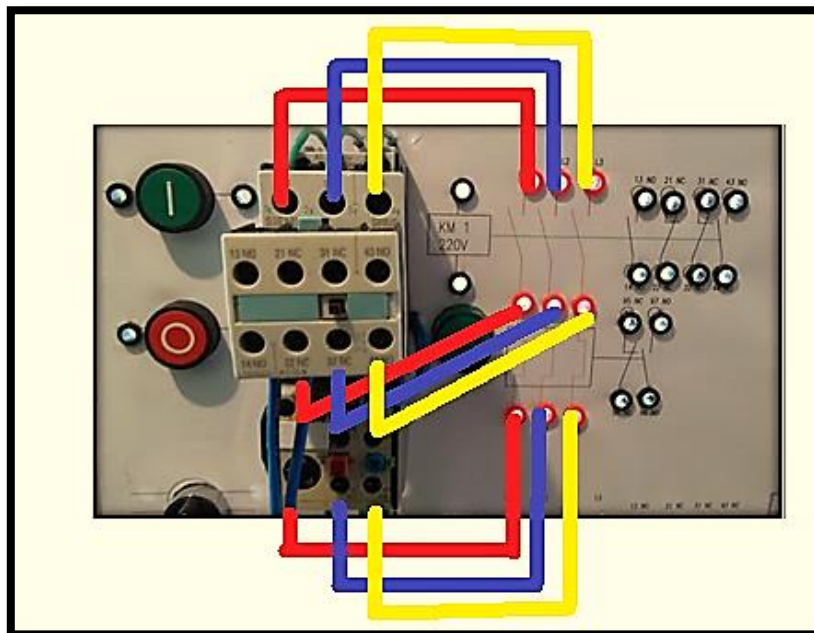
Figura 41. Instalación de los transformadores de corriente.



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 42 de muestra las conexiones de las borneras rojas de fuerza.

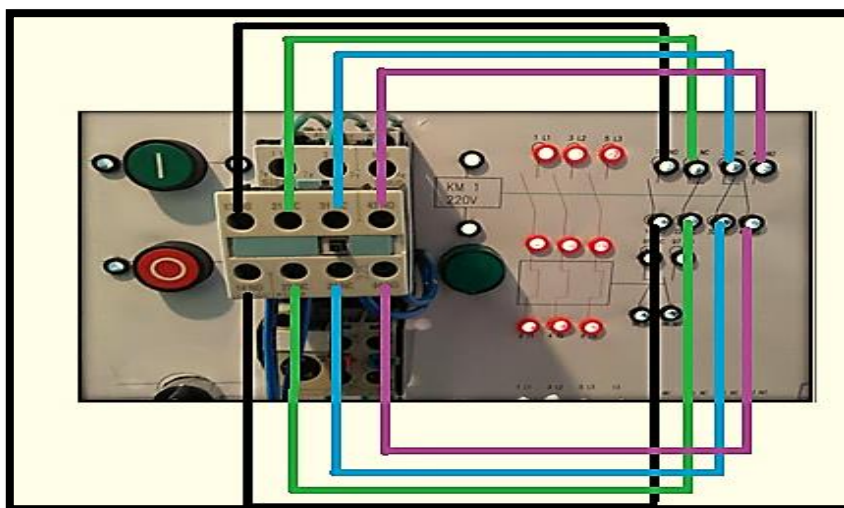
Figura 42. Conexión de borneras de fuerza.



Fuente: Autor

Se conectaron los contactos de mando y bobina 13NO, 21NC, 31NC, 43NO, 14NO, 22NC, 32NC, 44NO del contactor auxiliar a sus respectivas bananas de conexión. En la Figura 43 se muestra las conexiones de las borneras rojas de mando.

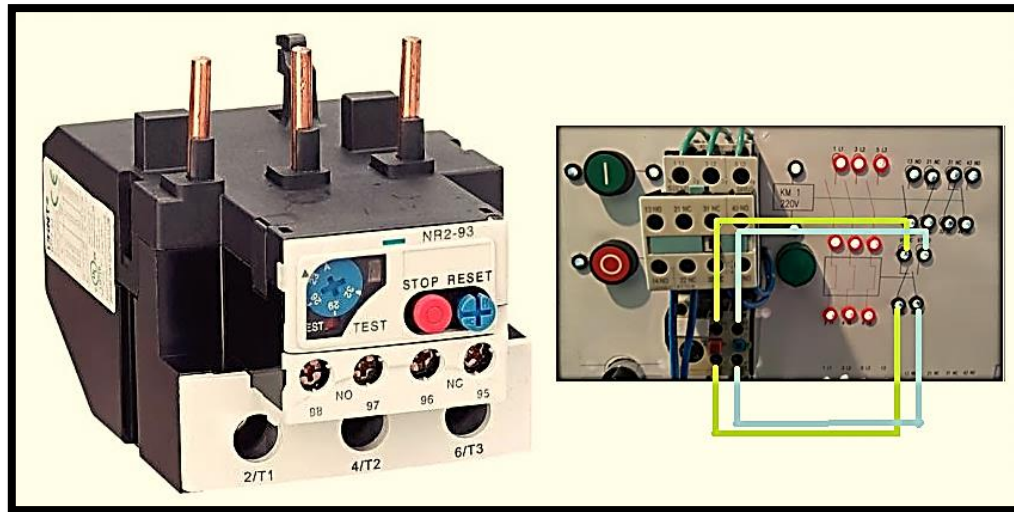
Figura 43. Conexión de borneras de mando.



Fuente: Autor

Se conectaron los contactos de seguridad del térmico 95NO, 96NO, 97NC, 98NC, del térmico a sus respectivas bananas de conexión. En la Figura 44 se muestra las conexiones de las borneras de seguridad de térmico.

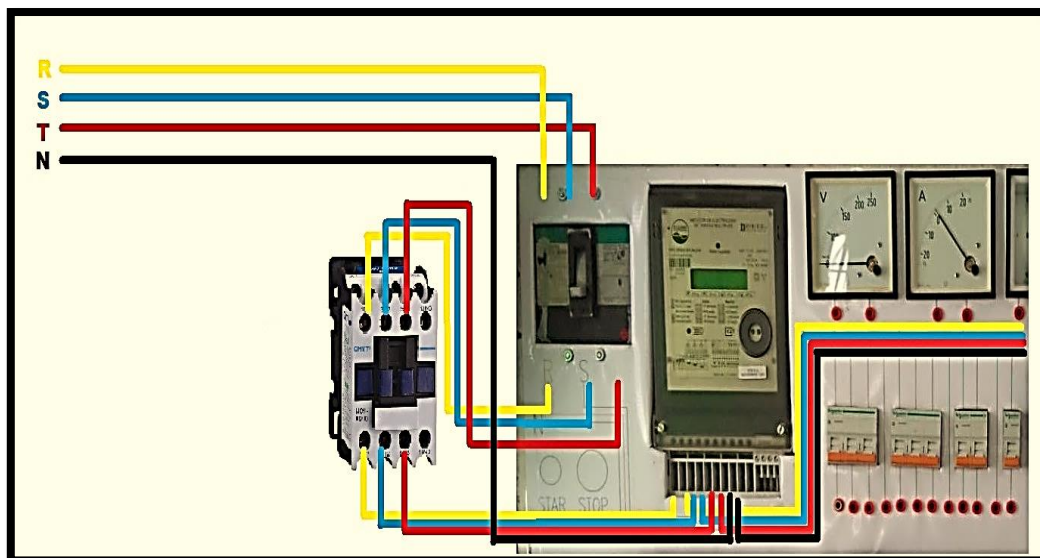
Figura 44. Conexión de borneras de seguridad.



Fuente: Autor

El medidor de electricidad de tarifas multiplex, no se debe conectar de modo que soporte el paso total de la corriente del sistema ya que el mide el equivalente que le proporciona el transformador de corrientes, por tal motivo no es correcto conectarlo como se muestra en la figura 45.

Figura 45 conexión incorrecta del medidor de electricidad de tarifas multiplex

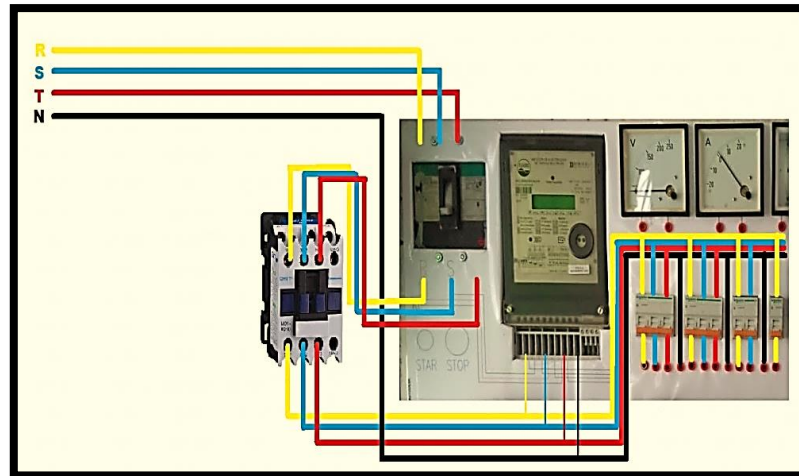


Fuente: Autor



Las líneas de tensión R, S, T y Neutro de deben conectar directamente a los elementos de carga, pasando por los breakers de protección como se muestra en la figura 46.

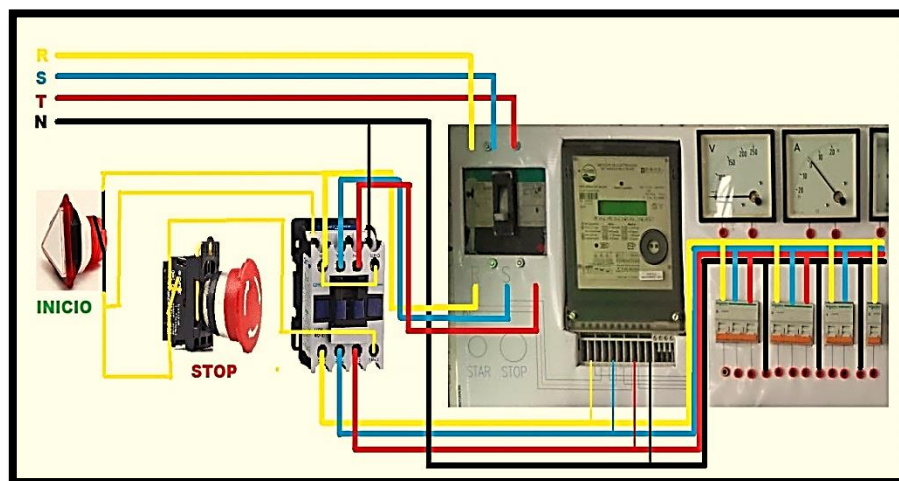
Figura 46 Conexión correcta de medidor de electricidad de tarifas multiplex.



Fuente: Autor

La seguridad es importante en el caso del inicio y parada del banco de pruebas para este fin se dispuso de un botón de inicio y uno de parada de emergencia el cual al ser accionado se debe dar medio giro para que se desengrane de la posición de seguridad y poder inicial el sistema nuevamente, el diagrama de conexión para dar inicio y parada al sistema se muestra en la figura 47.

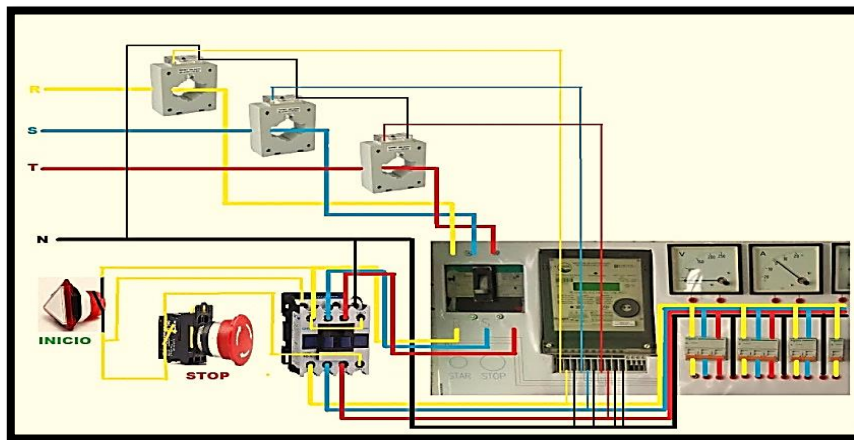
Figura 47 Inicio y parada de emergencia del banco de pruebas de motores eléctricos.



Fuente: Autor

Para realizar mediciones en el medidor de electricidad de tarifas multiplex se debe hacer la conexión de los transformadores de corriente los cuales envían datos proporcionales al medidor según la corriente consumida por el sistema, la conexión directa de los transformadores se muestra en la figura 48.

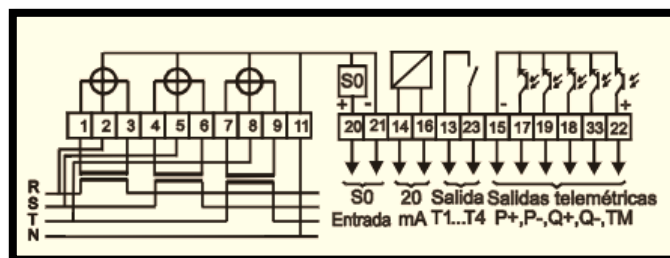
Figura 48, medidor de electricidad de tarifas multiplex conectado directamente con los transformadores de corriente.



Fuente: Autor

Las diferentes formas de conectar los medidores de electricidad de tarifas múltiples se describen en las gráficas siguientes. Véase figura 49 Diagrama de conexión de los medidores tetrafilares utilizados con transformador de corriente.

Figura 49. Diagrama de conexión de los medidores tetrafilares utilizados con transformador de corriente.

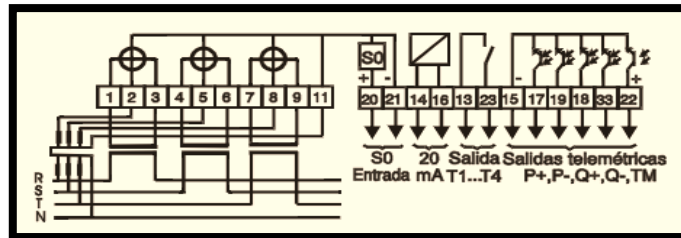


Fuente: Medidores electrónicos de energía eléctrica activa y reactiva de tarifas múltiples cuatro cuadrantes epqm. Manual de usuario versión 2.



Véase figura 50 Diagrama de conexión de los medidores tetrafilares utilizados con transformador de corriente y de tensión.

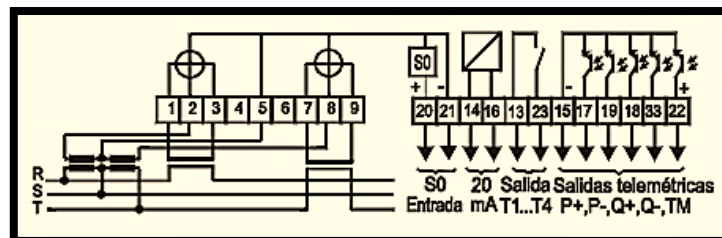
Figura 50 Diagrama de conexión de los medidores tetrafilares utilizados con transformador de corriente y de tensión.



Fuente: Medidores electrónicos de energía eléctrica activa y reactiva de tarifas múltiples cuatro cuadrantes epqm. Manual de usuario versión 2.

Véase figura 51 Diagrama de conexión de los medidores trifilares

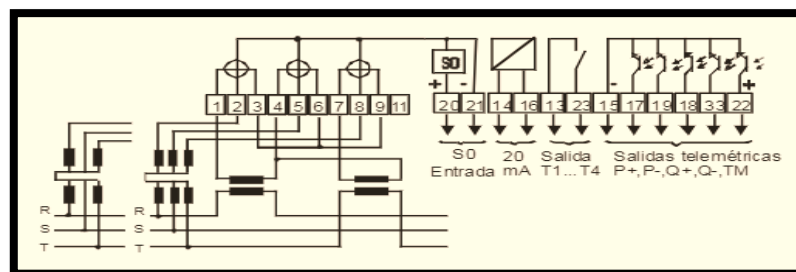
Figura 51 Diagrama de conexión de los medidores trifilares



Fuente: Medidores electrónicos de energía eléctrica activa y reactiva de tarifas múltiples cuatro cuadrantes epqm. Manual de usuario versión 2.

Véase figura 52 Diagrama de conexión de los medidores tetrafilares en una red de cuatro hilos.

Figura 52 Diagrama de conexión de los medidores tetrafilares en una red de cuatro hilos.

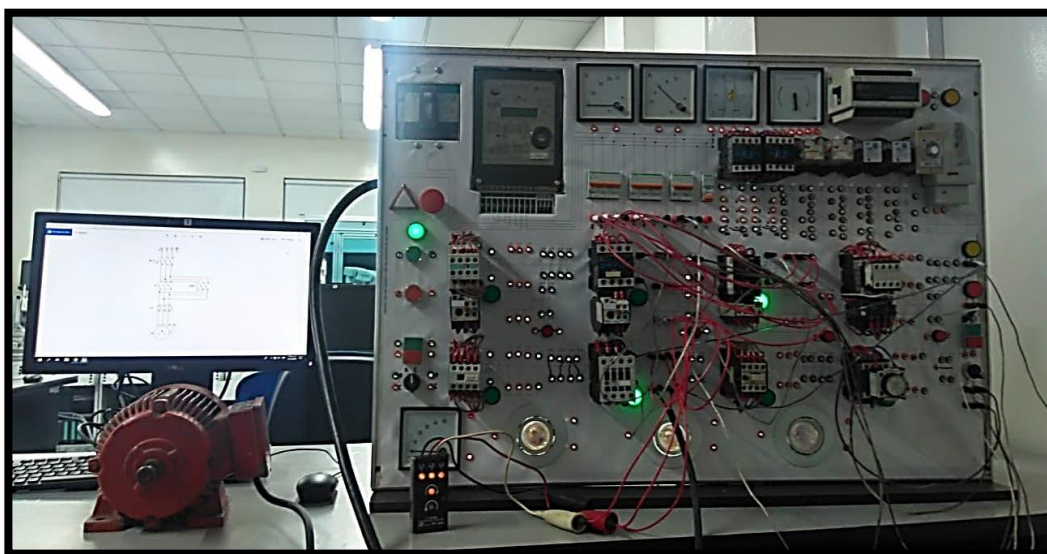




## 10. PRUEBAS

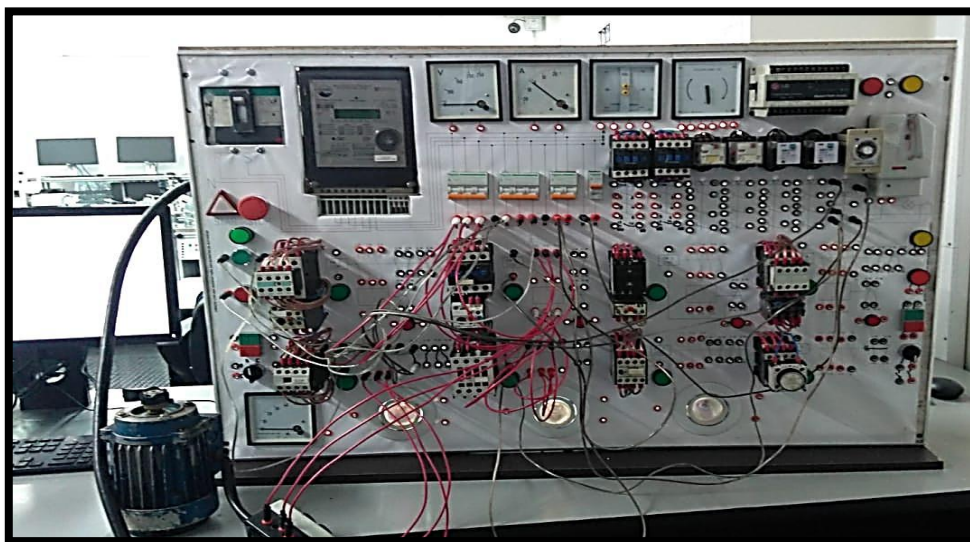
Una vez implementado el banco con todas las conexiones, se montó cada una de las prácticas de laboratorio. En las siguientes figuras 54 y 55 se presentan los diferentes montajes.

Figura 54 Inversor de giro de motor trifásico



Fuente: Autor

Figura 55 Arranque estrella triángulo



Fuente: Autor

## 11.CONCLUSIONES

Se concluyó que hay diferentes mecanismos de arranque y protección para motores eléctricos en la industria, tales como contactores, transformadores, resistencias, variadores de velocidad, PLC, etc. y algunos de ellos se incorporaron al banco de pruebas de motores eléctricos.

Se Identificó para que temas del contenido curricular de las asignaturas de electrónica industrial y control automático, podría ser de beneficio el uso del banco de pruebas y los recursos de laboratorio disponibles, adaptables al banco de pruebas como son el variador de velocidad y los dos motores trifásicos de 9 bornes

Se concluyó que las guías se pueden desarrollar de modo consecutivo dependiendo su complejidad, como puede ser arrancar un motor, invertir su giro, arrancarlo suave en estrella delta, arrancarlo con un PLC, y arrancarlo y frenarlo con un variador de velocidad.

Se implementó el banco de pruebas para poder realizar las guías prácticas, teniendo en cuenta el conector a usar dependiendo si es de 40 amperios para circuitos de fuerza o de 10 amperios para circuitos de mando.

Se comprobó la importancia de tener un orden al momento de conectar un circuito de fuerza y posteriormente uno de mando e independizarlos de ser posible, para minimizar errores.

Se realizaron múltiples conexiones de motores eléctricos bifásicos y trifásicos, teniendo en cuenta su placa característica, para así poder dar un mejor uso y aprovechamiento a un motor en la industria.

## BIBLIOGRAFÍA

ALVARADO PEREZ, Erick Wilson; PROAÑO ANDRADE, Richard Israel; VERA SUAREZ, Christopher Xavier. Diseño e implementación de un banco de pruebas para control industrial programable. Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. 2010. 352 p.

CABEZAS CASTILLO, Víctor Hugo; LOZANO PORTELA, Jaime Andrés. Montaje de un banco de pruebas para arranque de motores. Soacha. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Facultad de Ingeniería electrónica. 2013. 78 p.

CHOIEO. Módulo de banco de motores [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <http://www.choieo.com>

CONTRETAS VILLAMIZAR, Eybar Farith; SANCHÉZ RODRIGUEZ, Rolando. Diseño y construcción de un banco de prácticas de motores eléctricos, como apoyo a la asignatura de diseño de máquinas II Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ingenierías fisiomecánicas. 2010. 282 p

CORTEZ FERNANDEZ, Joffre Medardo; GUEVARA GANCHOZO, Héctor Iván; RODRIGUEZ ENRIQUEZ, José Alfredo. Banco de pruebas para máquina. Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de ingenierías. Sede Guayaquil. 2014. 173 p.

DE LORENZO. Maquinas eléctricas. 2019. [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31: disponible en: <https://www.delorenzogloba.com/es/maquinas-electricas/>

FRAILE Mora, Jesús. Máquinas Eléctricas. 5 ed. España: McGraw-Hill, 2016. 557 p. (ISBN 84-481-3913-5).

KELJIK, Jeff. Electricity 4: AC/DC Motors, Control and maintenance. 9 ed. United States of America: Delmar, 2016. 360 p. (ISBN-13: 978-1-4354-0031-3).

KOSOW, Irving L. Control de Máquinas Eléctricas. España: Reverté S.A., 2016.

MILLER, Rex; MILLER, Mark R. Industrial Electricity and Motors Control. United States of America: McGraw-Hill, 2016. 448 p. (ISBN 978-0-07-154476-4).

Moeller Series, Arranque y control de motores trifásicos asíncronos (En línea) Recuperado en 2019-10-31. Disponible en: [www.eatonelectric.es](http://www.eatonelectric.es), 12 p

N. MORALES, R. PALMA, J. ROMO, AND A. VALDENEGRO. Maquinas Eléctricas. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ingeniería Eléctrica, 2014

NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION. NEMA Standards publication MG 1-2006: Motors and Generators. Rosslyn: NEMA 2016. 592 p.

PALLÁS Areny, Ramón. Instrumentos Electrónicos Básicos. España: Marcombo, 2017. 317 p. (ISBN 84-267-1390-4).

PAMIAS BLASCO, Aniana. Design of modules for a star-triangle starter based on intensity. Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya Facultat de Nàutica de Barcelona. 2014. 39p.

PIZARRO Antony ROQUE. Arranque estrella- triangulo. Universidad Nacional del Callao, ingeniería Electrica y Electronica, Julio 2015 [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=BGILooSLa1o>

RODRIGUEZ ANDRADE, Jonathan. Diseño y construcción de un banco de pruebas para caracterización de motores eléctricos monofásicos. México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ingeniería. 2014. 130 p.

SIDELAB. Banco de ensayo para maquinas eléctricas. [En Línea]. Recuperado en 2019-10-31. disponible en: <https://www.sidilab.com>

ŠPAN, Andraž; FARKAŠ Luka; MIKIC Urban; et al. How to connect AC motor in Delta star configuration. Eslovenia. Better Electro-World Slovenian Meeting. 2018. 26p.

Stephen J. Chapman. Maquinas Electricas Quinta Edicion. 521 p

## ANEXOS

### Anexo A

#### Guía de laboratorio 1. Inversión de giro

Duración de la práctica: 2 horas

#### GENERALIDADES

- ✓ Esta práctica se desarrollará en grupos de tres integrantes.
- ✓ El estudiante deberá preparar la práctica, consultando el marco teórico necesario, materiales y hojas de datos correspondientes, que faciliten el desarrollo de la misma.

#### OBJETIVOS

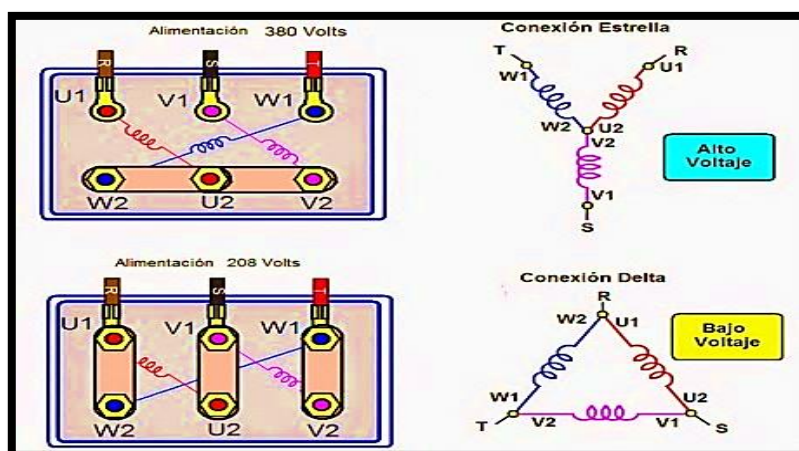
- ✓ Conectar un motor trifásico de tres bornes a una tensión de 220 voltios
- ✓ Implementar un inversor de giro al motor trifásico a partir de un esquema a base de contactores y botones pulsadores.
- ✓ Conectar el Secuenciómetro para identificar el sentido de giro del motor.

#### MARCO TEÓRICO

Los motores trifásicos de tres bornes no dan muchas opciones de conexión, ya que sus terminales U2, V2 y W2 ya están puenteadas en su interior en modo estrella o U1 – W2, V1 – V2 y W1 – V2 ya están puenteadas en su interior en modo delta, según el fabricante.

En la Figura 56 detalla unas borneras de un motor de 6 puntas donde se ilustran las conexiones internas dentro del motor.

Figura 56. Conexiones internas del motor de 6 bornes.

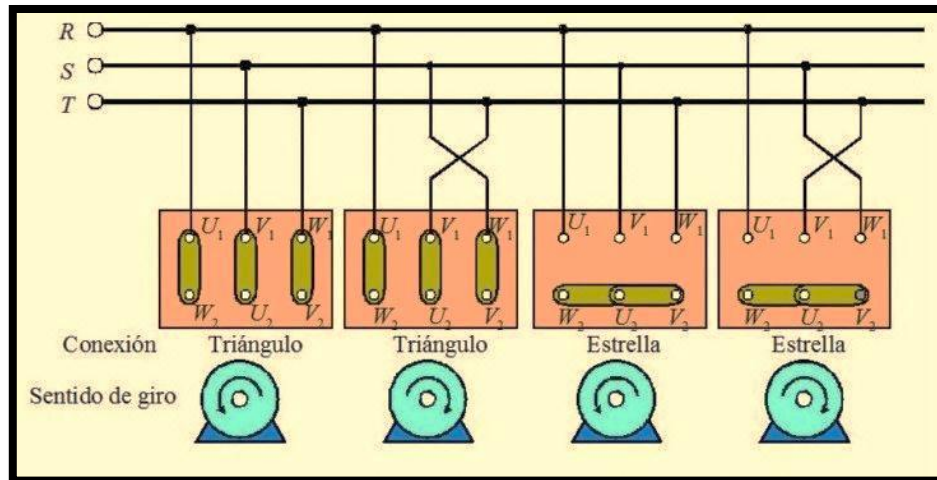


Fuente Autor



En la figura 57 se muestra el inversor de giro de un motor, invirtiendo dos de las tres fases, en delta o estrella.

Figura 57 Bornera de un motor de 6 terminales

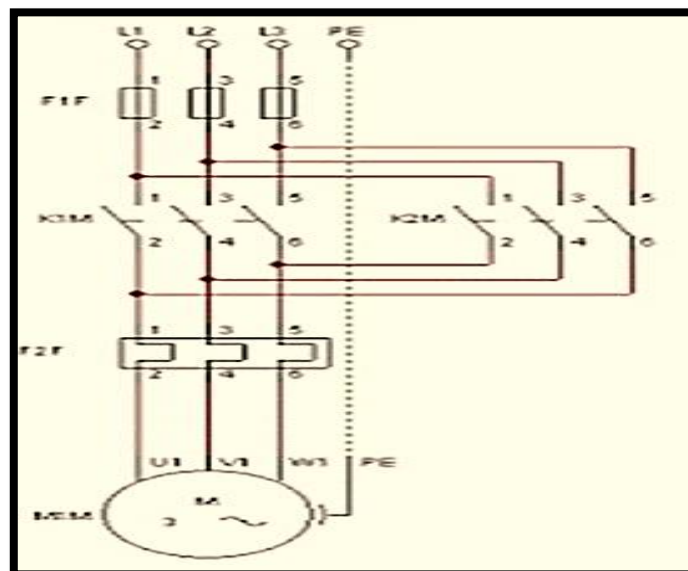


Fuente Autor

## PROCEDIMIENTO

Conectar el diagrama de fuerza, teniendo en cuenta que los conectores rojos son para conexiones de 40 Amperios, como se ilustra en la figura 58.

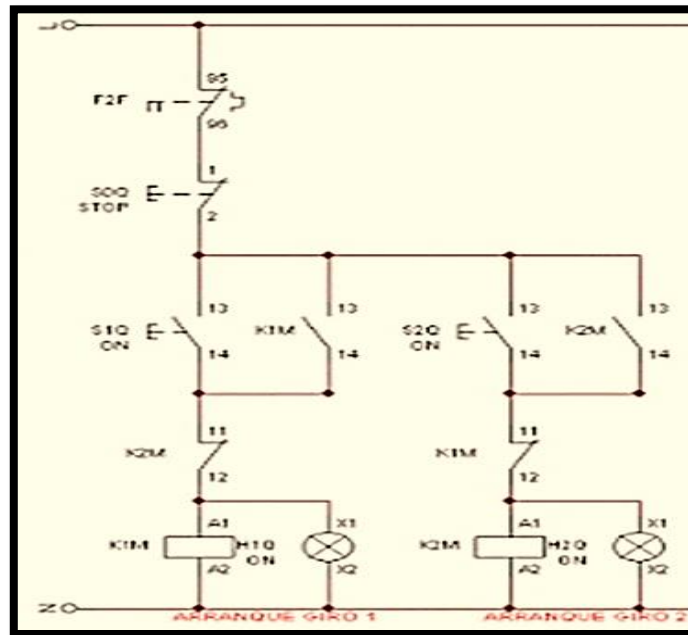
Figura 58 Diagrama de fuerza sentido de giro



Fuente Autor

Conectar el diagrama de mando, usando un botón pulsador para cada sentido de rotación, teniendo en cuenta que los conectores negros son para conexiones de 10 Amperios, como se ilustra en la figura 59.

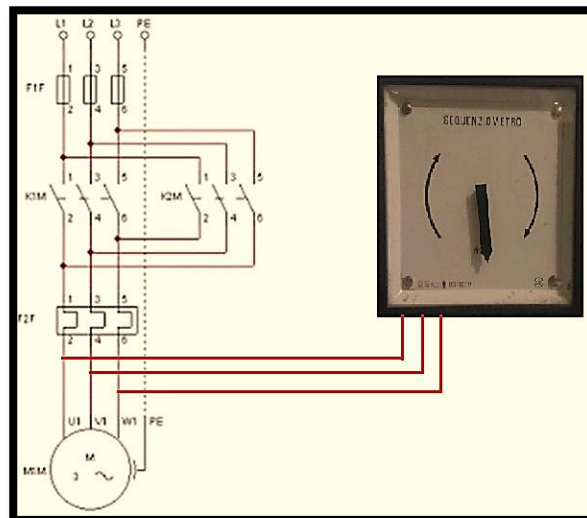
Figura 59 Diagrama de mando



Fuente Autor

Conectar el secuenciómetro como se ilustra en la figura 60.

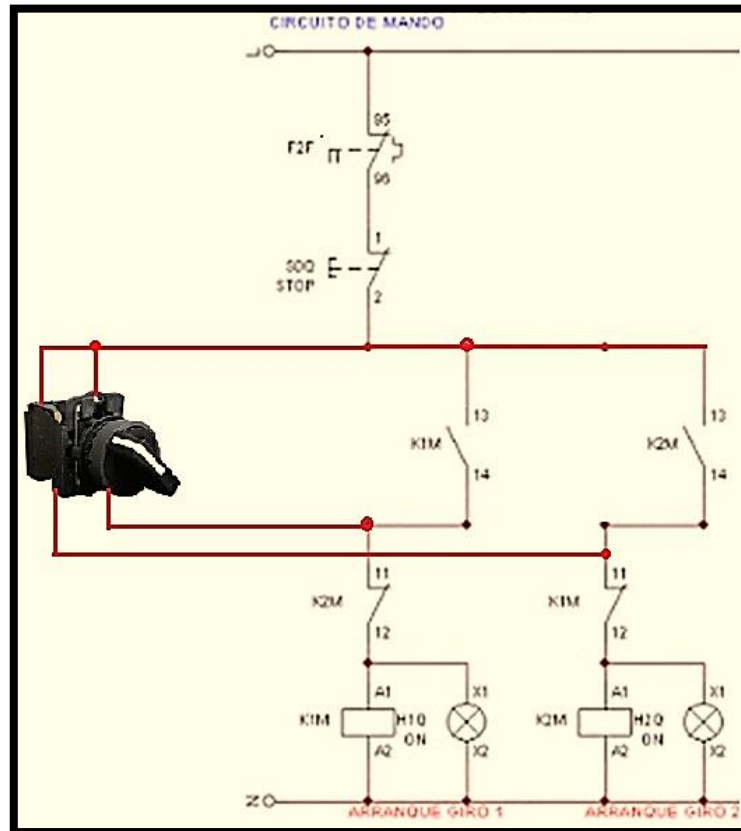
Figura 60. Diagrama de fuerza con secuenciómetro.



Fuente Autor

Conectar el botón selector de dos posiciones para elegir el sentido de giro deseado como se muestra en la figura 61.

Figura 61. Diagrama de mando con selector de dos posiciones.



Fuente Autor

## REFERENCIAS

Tomado de : Tecnología, Motor trifásico, <https://www.areatecnologia.com/electricidad/motor-trifasico.html> (13/12/2019 15:00)

## Anexo B

### Guía de laboratorio 2. Arranque estrella-delta

Duración de la práctica: 2 horas

#### GENERALIDADES

- ✓ Esta práctica se desarrollará en grupos de tres integrantes.
- ✓ El estudiante deberá preparar la práctica, consultando el marco teórico necesario, materiales y hojas de datos correspondientes, que faciliten el desarrollo de la misma.

#### OBJETIVOS

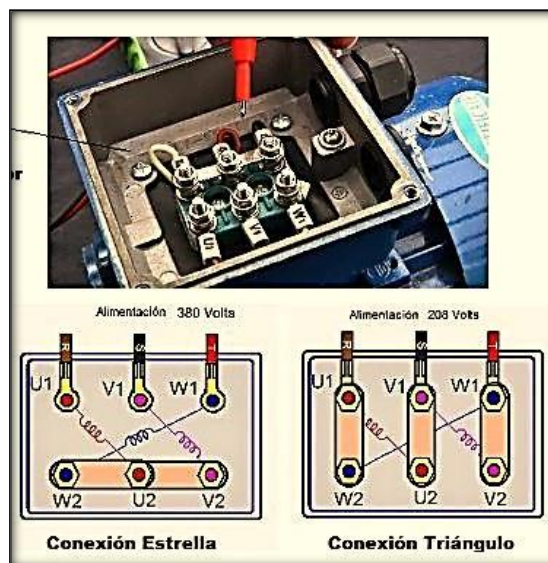
- ✓ Conectar un motor trifásico de seis bornes a una tensión de 220 voltios
- ✓ Implementar un arranque estrella delta al motor trifásico a partir de un esquema a base de contactores y botones pulsadores.
- ✓ Conectar el Amperímetro, Voltímetro para identificar diferencias en el cambio de estado del arranque del motor.

#### MARCO TEÓRICO

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Algunos motores son reversibles, pueden transformar energía mecánica en eléctrica y se conocen como generadores.

En la Figura 62 detalla unas borneras de un motor de 6 puntas.

Figura 62 Borneras de un motor de 6 puntas.

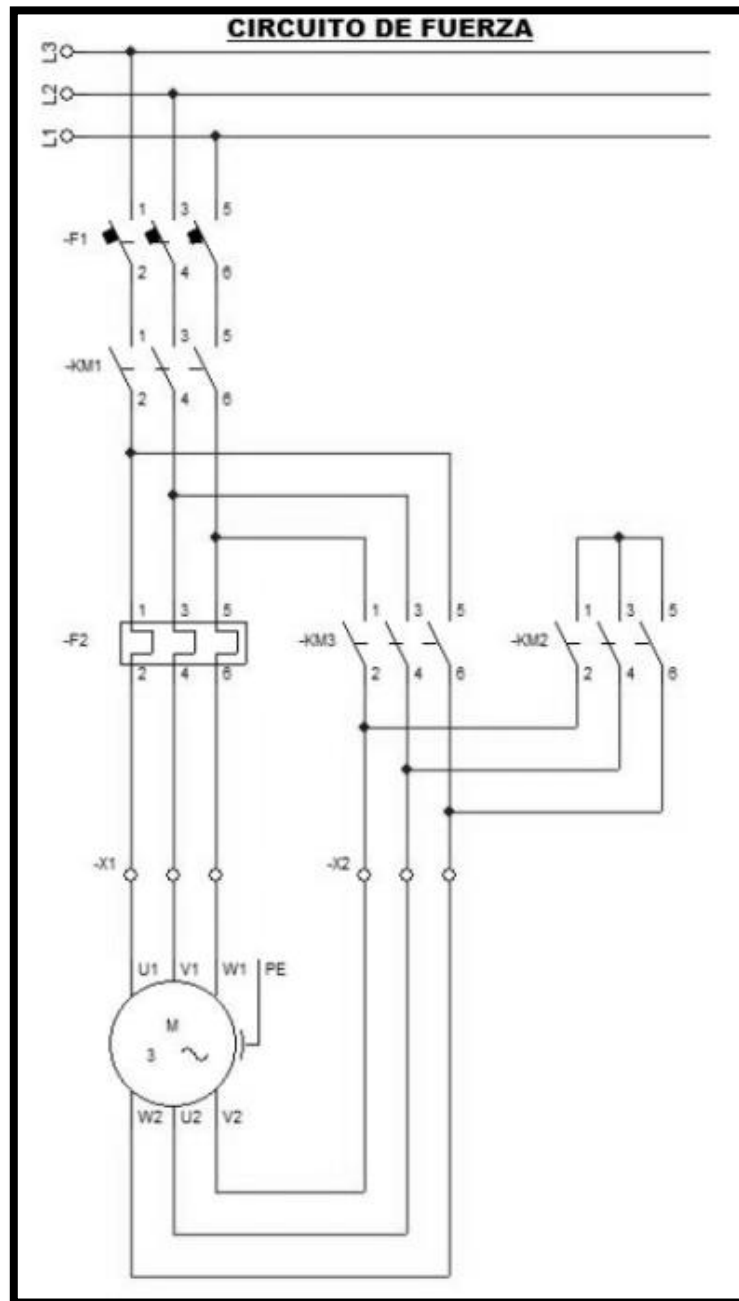


Fuente Autor

## PROCEDIMIENTO

Conectar el diagrama de fuerza, teniendo en cuenta que los conectores rojos son para conexiones de 40 Amperios, como se ilustra en la figura 63.

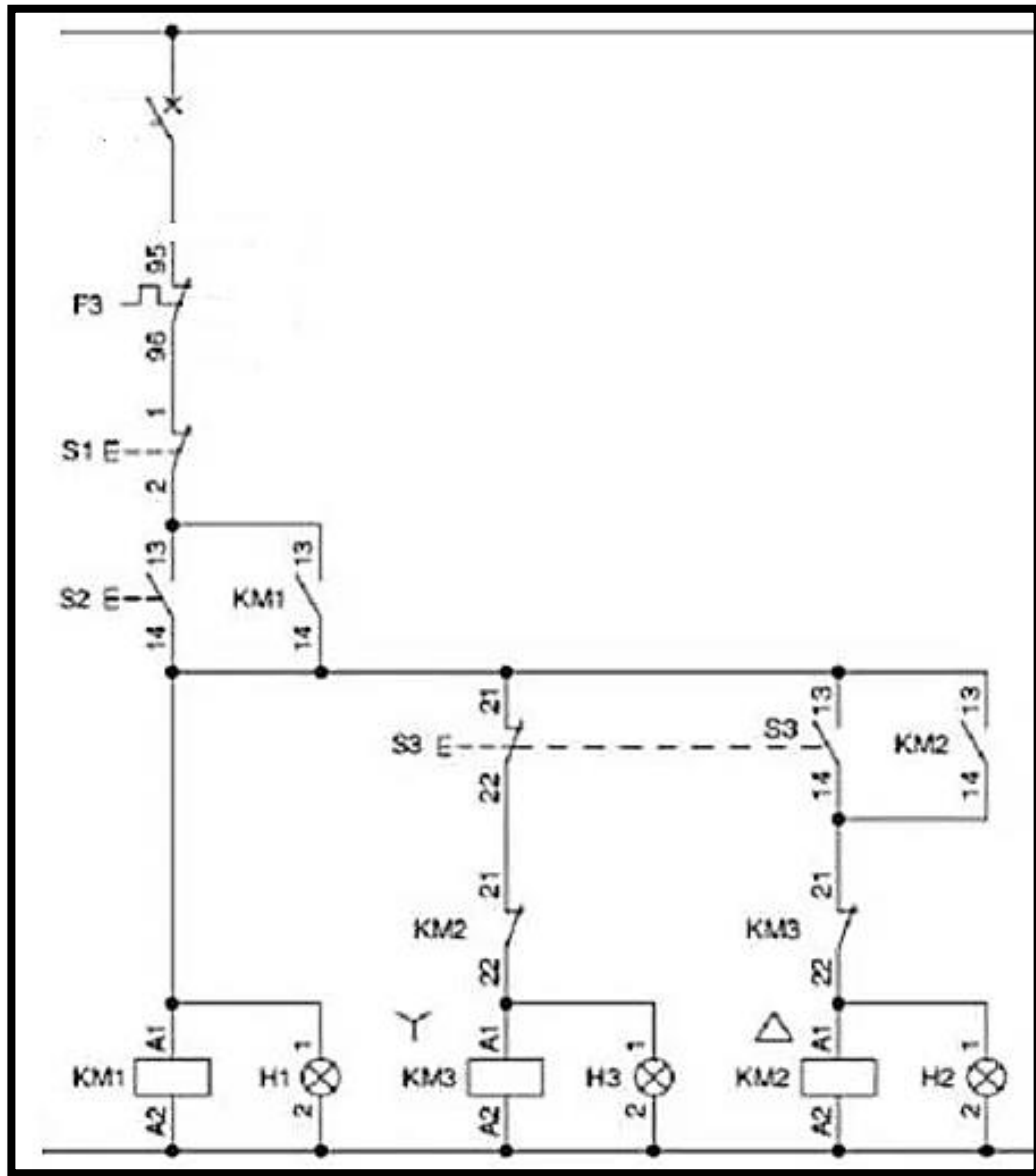
Figura 63. Diagrama de fuerza, arranque estrella triángulo



Fuente Autor

Conectar el diagrama de mando, usando un botón pulsador para arrancar en estrella y después de 60 segundos realizar el cambio de estrella a delta oprimiendo otro botón pulsador, como se muestra en la figura 64.

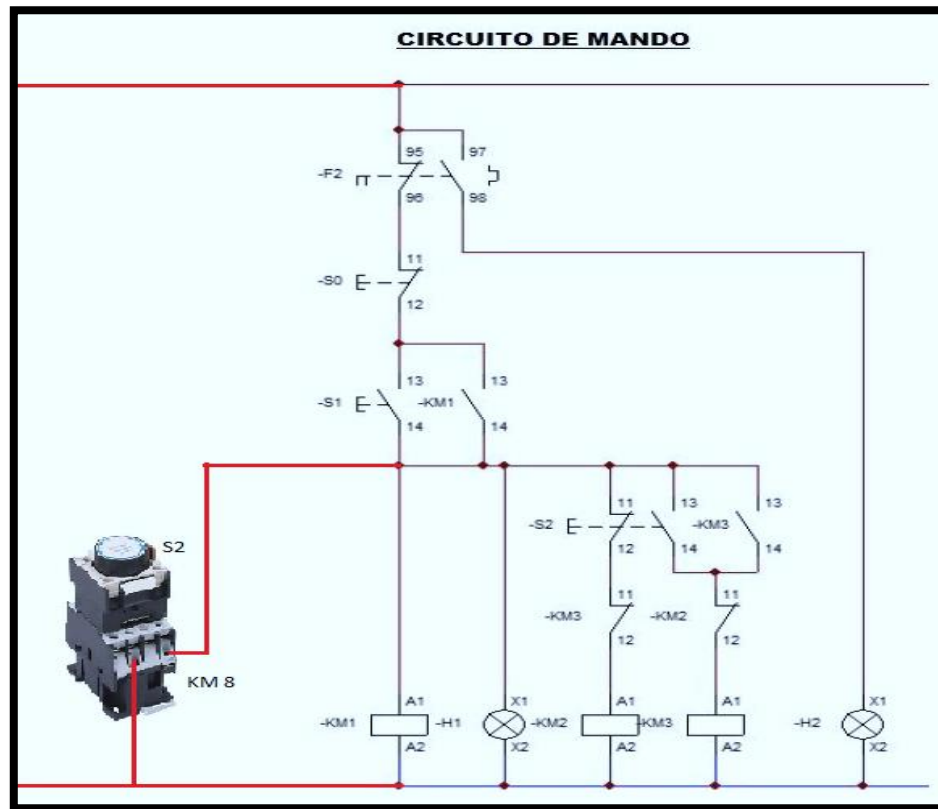
Figura 64. Diagrama de mando con botones pulsadores sin temporizador



Fuente Autor

Conectar el diagrama de mando, usando los diferentes temporizadores como son, neumático, TH3 y de péndulo teniendo en cuenta que los conectores negros son para conexiones de 10 Amperios, como se ilustra en la figura 65, 66 y 67

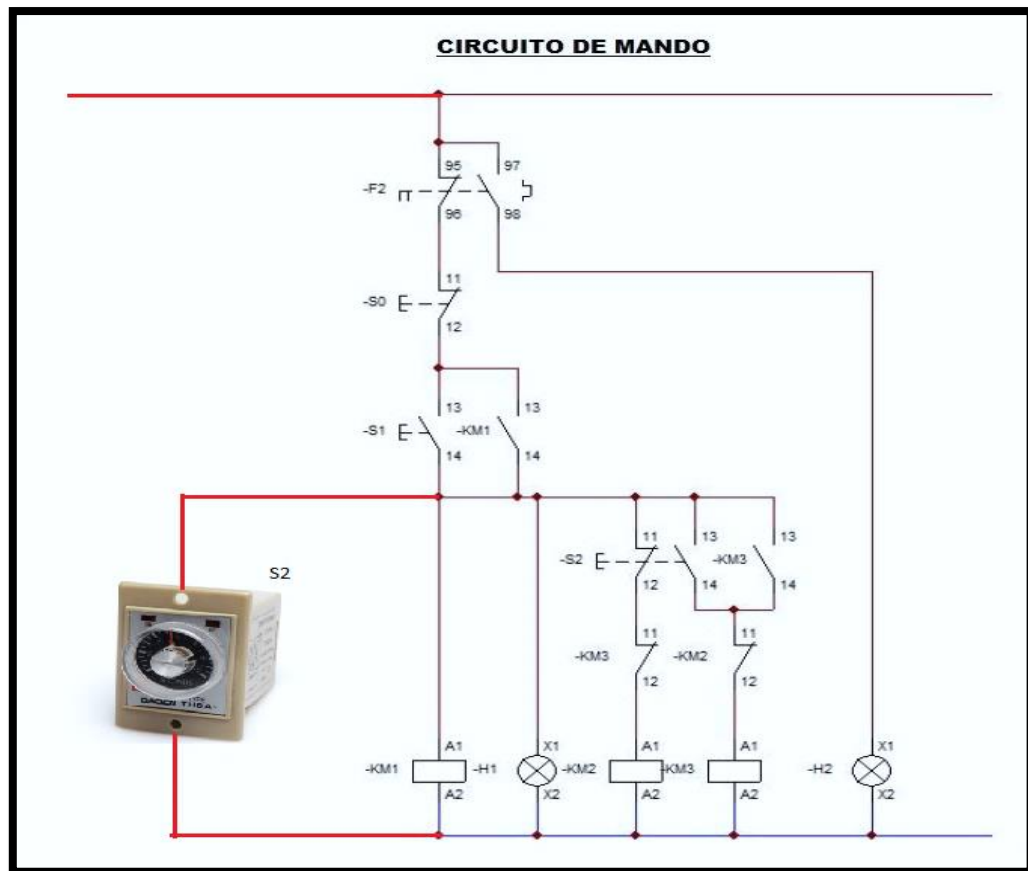
Figura 65 Diagrama de fuerza con contactor neumático



Fuente Autor

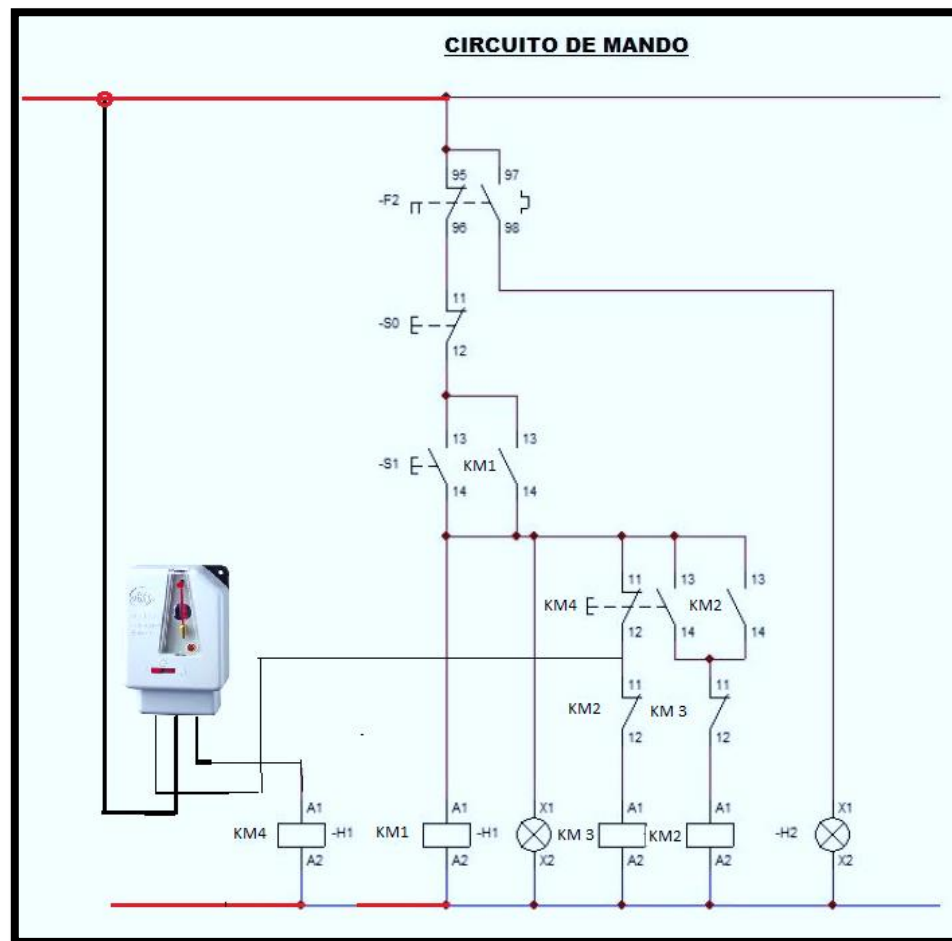


Figura 66. Diagrama de fuerza con TH3A



Fuente Autor

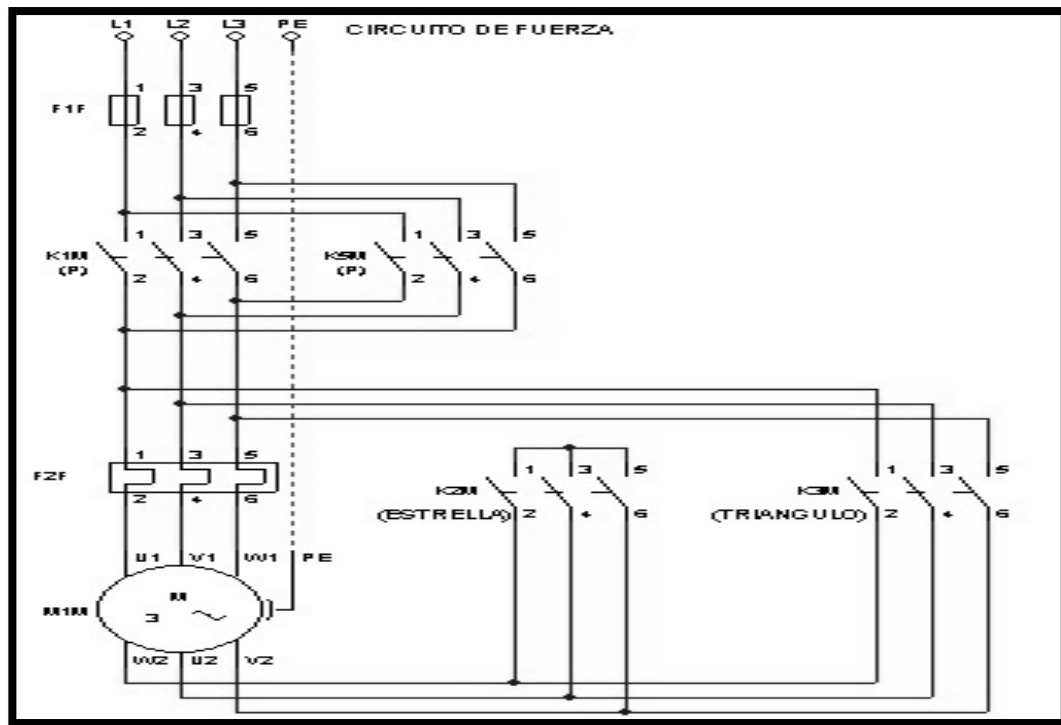
Figura 67 Diagrama de fuerza con temporizador de péndulo



Fuente Autor

Conectar el diagrama de fuerza, para elegir el sentido de giro del motor y después realice un arranque suave con estrella delta a partir de un temporizador, teniendo en cuenta que los conectores rojos son para conexiones de 40 Amperios, como se ilustra en la figura 68.

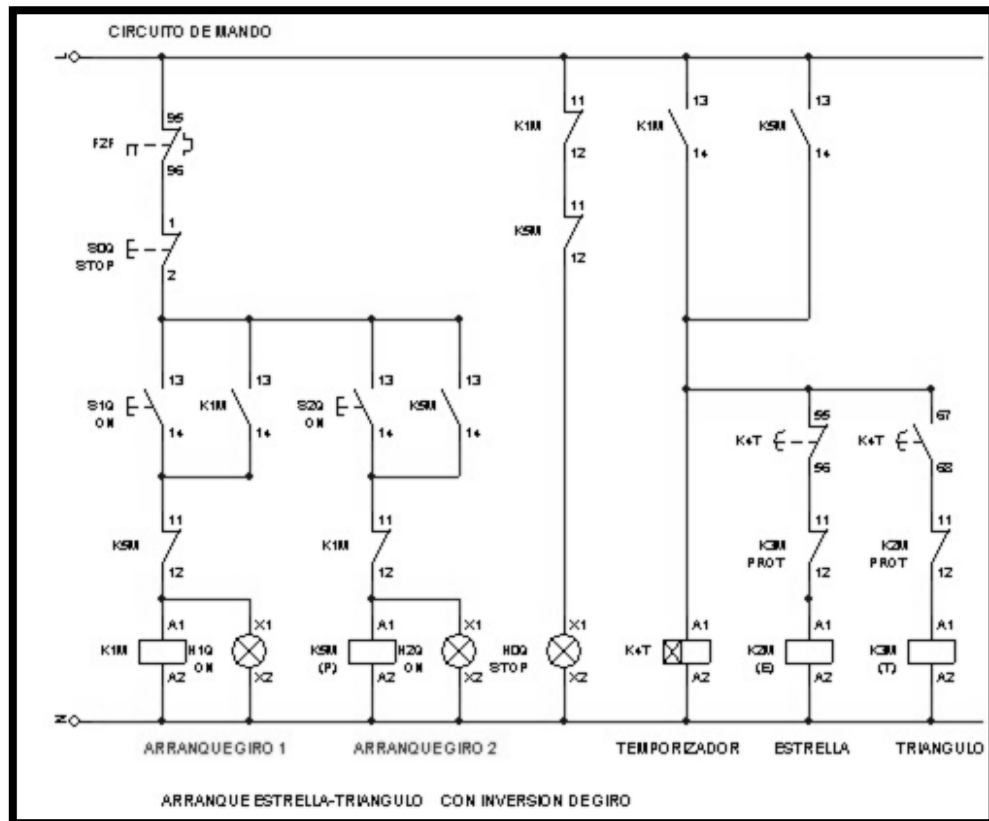
Figura 68 Diagrama de fuerza, arranque estrella triangulo con inversor de giro



Fuente Autor

Conectar el diagrama de mando, usando los diferentes temporizadores como se ilustra en la figura 69.

Figura 69. Diagrama de mando arranque estrella triangulo con temporizador



Fuente Autor

## REFERENCIAS

[1] <https://www.areatecnologia.com/electricidad/motor-trifasico.html>

## Anexo C

### Guía de laboratorio 3. Arranque de motores en secuencia

Duración de la práctica: 2 horas

#### GENERALIDADES

- ✓ Esta práctica se desarrollará en grupos de tres integrantes.
- ✓ El estudiante deberá preparar la práctica, consultando el marco teórico necesario, materiales y hojas de datos correspondientes, que faciliten el desarrollo de la misma.

#### OBJETIVOS

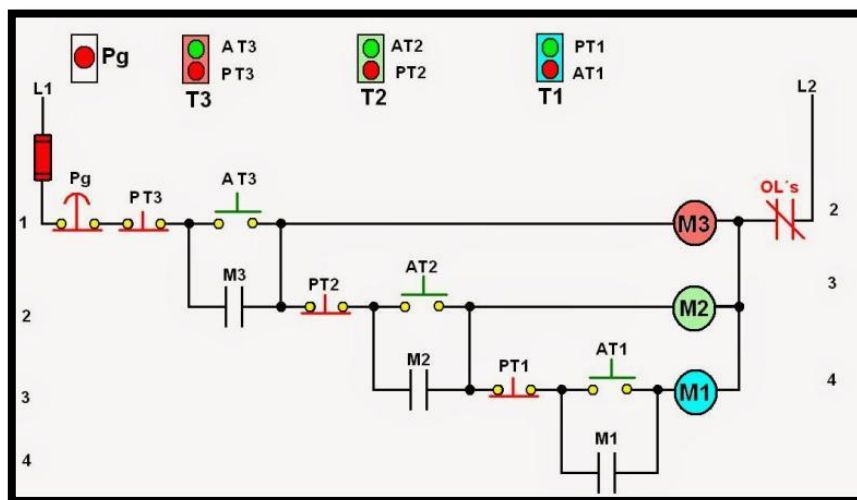
- ✓ Conectar motores trifásicos en secuencia o en cascada a una tensión de 220 voltios.
- ✓ Implementar un arranque de motores en secuencia o cascada de motores partir de un esquema a base de contactores y botones pulsadores y otro a base de PLC.

#### MARCO TEÓRICO

##### Control secuencial con arranque manual

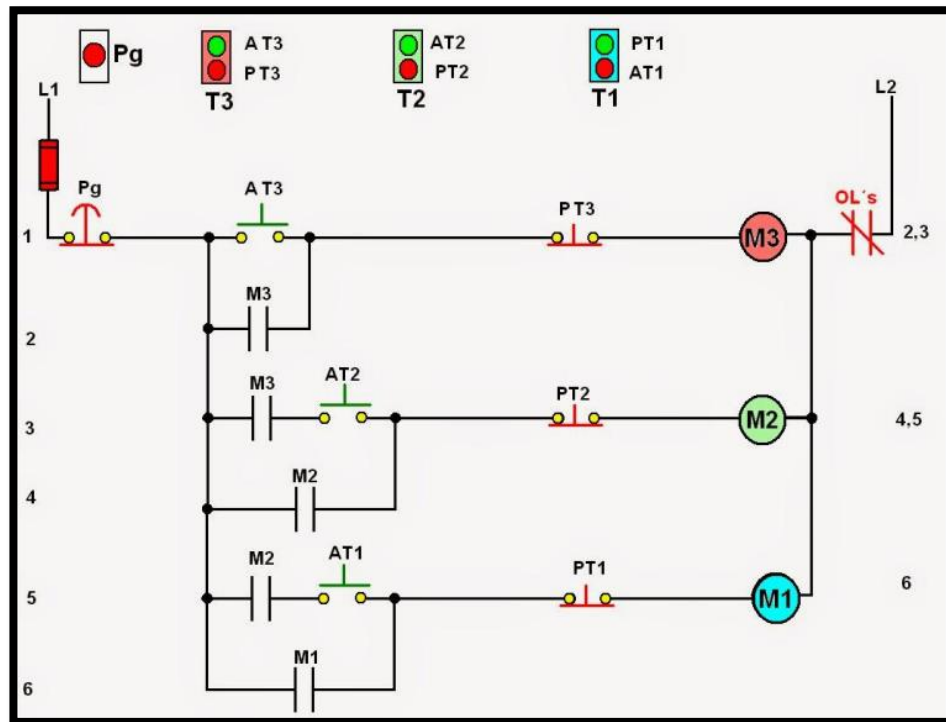
Con estas secuencias podemos arrancar y parar motores en secuencia, ejemplo no arrancar un motor hasta que este funcionado otro.

Figura 70 Control de mando para arranque en secuencia de motores.



Fuente Autor

Figura 71 controles de mando para arranque en secuencia para tres motores.

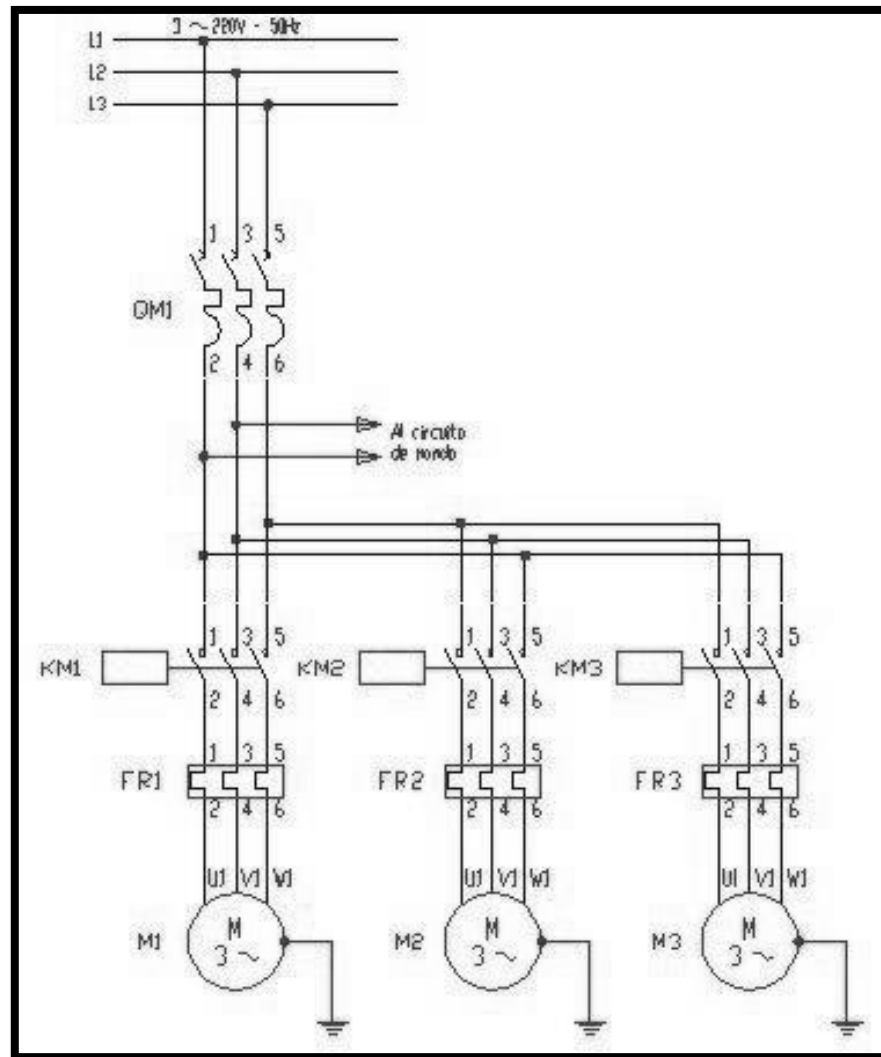


Fuente Autor

### PROCEDIMIENTO

Conectar el diagrama de fuerza, teniendo en cuenta que los conectores rojos son para conexiones de 40 Amperios, como se ilustra en la figura 72.

Figura 72. Diagrama de fuerza, arranque de motores en secuencia o cascada

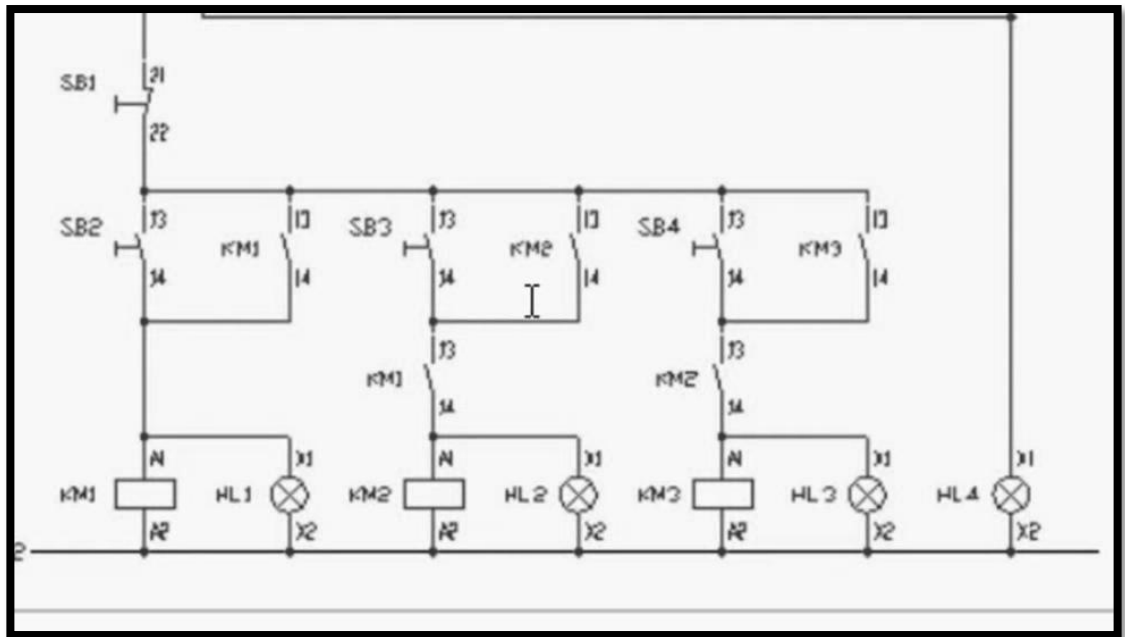


Fuente Autor

Conectar el diagrama de mando, usando un botón pulsador para arrancar los motores en secuencia oprimiendo los botones pulsadores en secuencia, como se muestra en la figura 73.



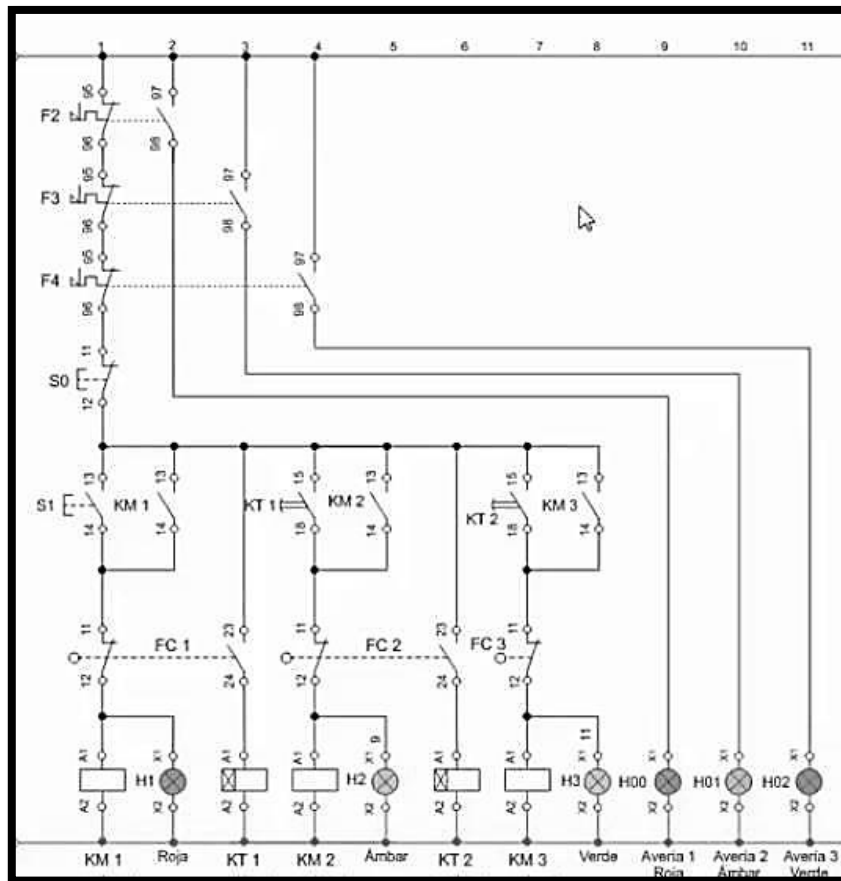
Figura 73 Diagrama de mando con botones pulsadores sin temporizador para arranque de motores en secuencia



Fuente Autor

Conectar el diagrama de mando, usando un botón pulsador para arrancar los motores en cascada oprimiendo los botones pulsadores en secuencia, como se muestra en la figura 74.

Figura 74 Diagrama de mando arranque estrella triangulo con temporizador



Fuente Autor

## **Anexo D**

### **Guía de laboratorio 4. Arranque de motores con PLC**

Duración de la práctica: 2 horas

#### **GENERALIDADES**

- ✓ Esta práctica se desarrollará en grupos de tres integrantes.
- ✓ El estudiante deberá preparar la práctica, consultando el marco teórico necesario, materiales y hojas de datos correspondientes, que faciliten el desarrollo de la misma.
- ✓

#### **OBJETIVOS**

- ✓ Conectar un motor trifásico a partir de un PLC a una tensión de 220 voltios
- ✓ Implementar un inversor de giro al motor trifásico a partir de un esquema a base de contactores y botones y cu PLC pulsadores.
- ✓

#### **MARCO TEÓRICO**

##### **PIC master k10s**

PLC (Programmable Logic Controller), Los PLCs son elementos electrónicos de tipo industrial usados para la automatización. En la Figura 75 se muestra PLC master k10s.

Figura 75 PIC master k10s



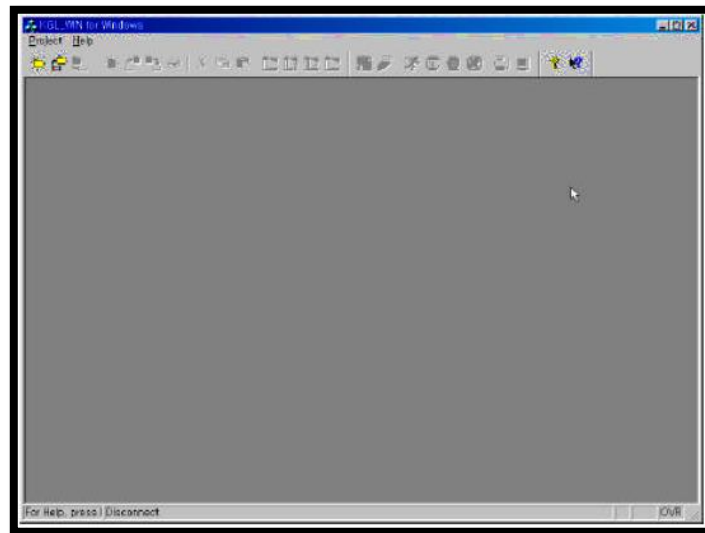
Fuente Autor

## PROCEDIMIENTO

### Creando un proyecto

- ✓ Haga doble clic en el archivo KGL\_WE.exe para ejecutar KGLWIN.
- ✓ La pantalla de inicio se mostrará en la figura 76

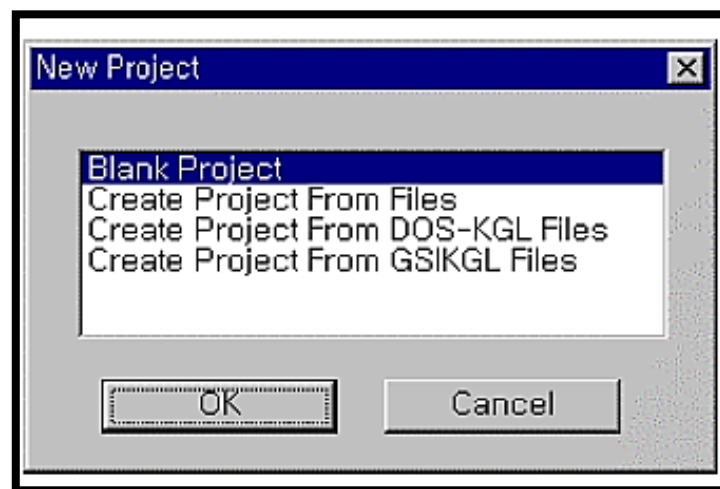
Figura 76 archivo KGL\_WE.exe para ejecutar KGLWIN



Fuente Autor

- ✓ Haga doble clic en el archivo KGL\_WE.exe para ejecutar KGLWIN.
- ✓ Para crear un nuevo proyecto, seleccione Proyecto- Proyecto nuevo en la pantalla de inicio.
- ✓ Seleccione Proyecto en blanco en el cuadro de diálogo y haga clic en el botón Aceptar.

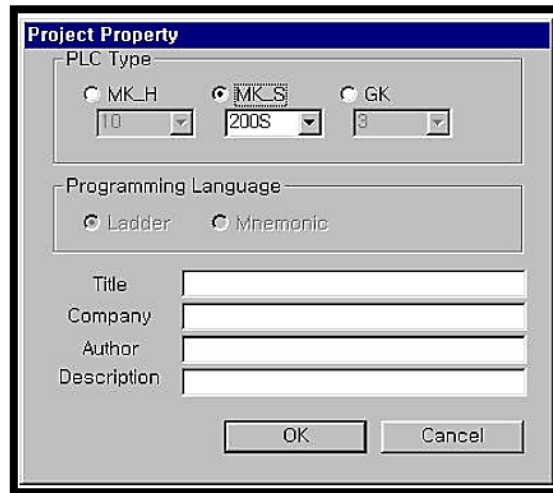
Figura 77 Proyecto nuevo en la pantalla de inicio.



Fuente Autor

En el siguiente cuadro de diálogo, escriba Tipo de PLC, Lenguaje de programación, Título, Empresa, Autor y Descripción (véase figura 78).

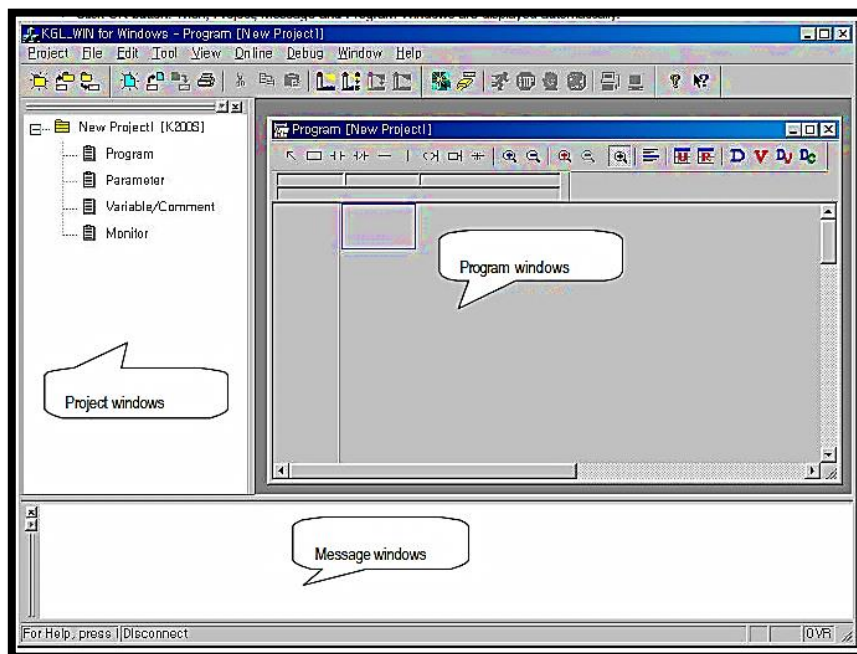
Figura 78 Lenguaje de programación



Fuente Autor

Haga clic en el botón Aceptar. Luego, las ventanas de proyecto, mensaje y programa se muestran automáticamente.

Figura 79 ventanas de proyecto



Fuente Autor

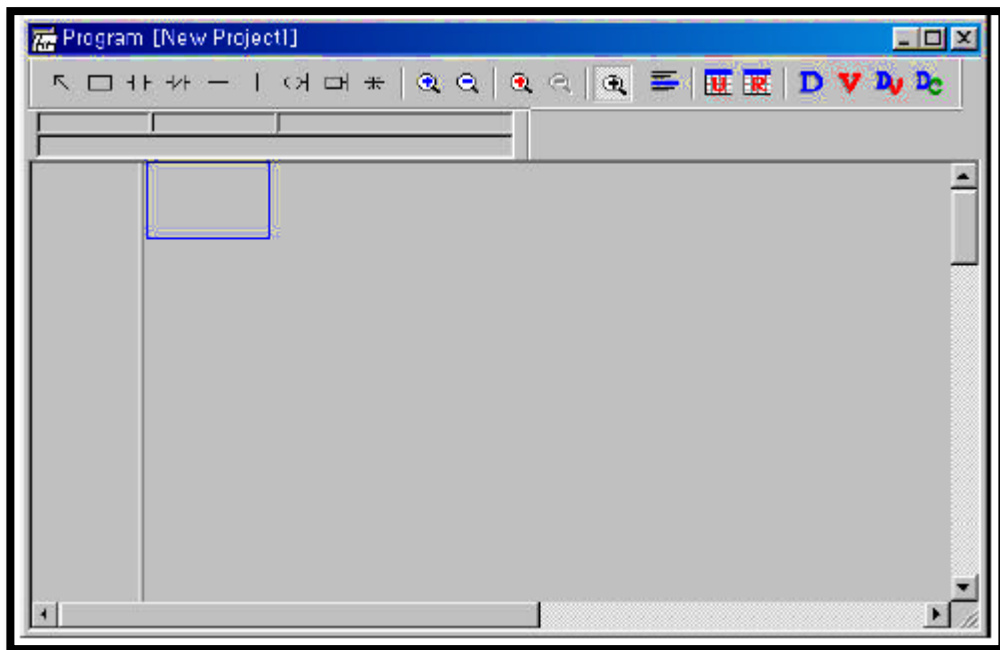
También puede crear un nuevo proyecto utilizando archivos ya creados de KGL-DOS o GSIKGL, así como KGLWIN. Para obtener más información.

## **Crear un programa**

### **Crear un programa de escalonado**

Este capítulo describe la creación de un programa en la ventana de Ladder usando la barra de herramientas (véase figura 80).

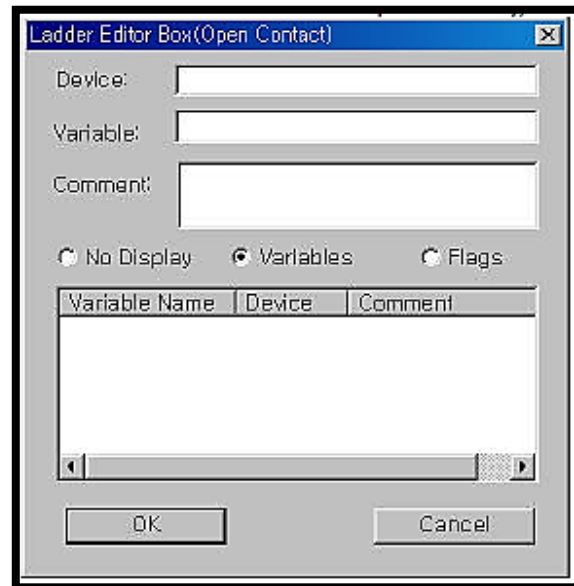
Figura 80 creación de un programa en la ventana de Ladder



Fuente Autor

Después de seleccionar el ícono Contacto normalmente abierto ( ) en la barra de herramientas de Ladder, mueva el cursor al lugar para insertar el contacto. Haga clic en el botón izquierdo del mouse o presione la tecla Intro, luego aparecerá el cuadro de diálogo de entrada de contacto (véase figura 81).

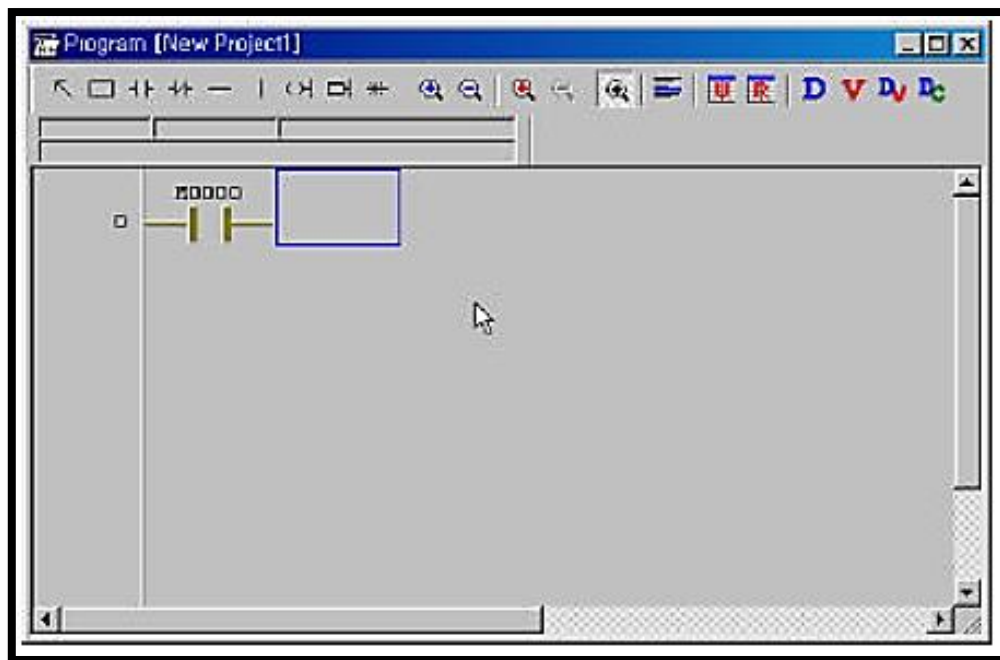
Figura 81 entrada de contacto.



Fuente Autor

Escriba el nombre del contacto (M0000) que desea insertar y haga clic en el botón Aceptar o presione la tecla Intro (véase figura 82).

Figura 82 nombre del contacto (M0000)



Fuente Autor



Seleccione el icono de Bobina de salida en la barra de herramientas de Ladder y mueva el cursor a la siguiente columna de M000. Haga clic en el botón del mouse o presione la tecla Enter (véase figura 83).

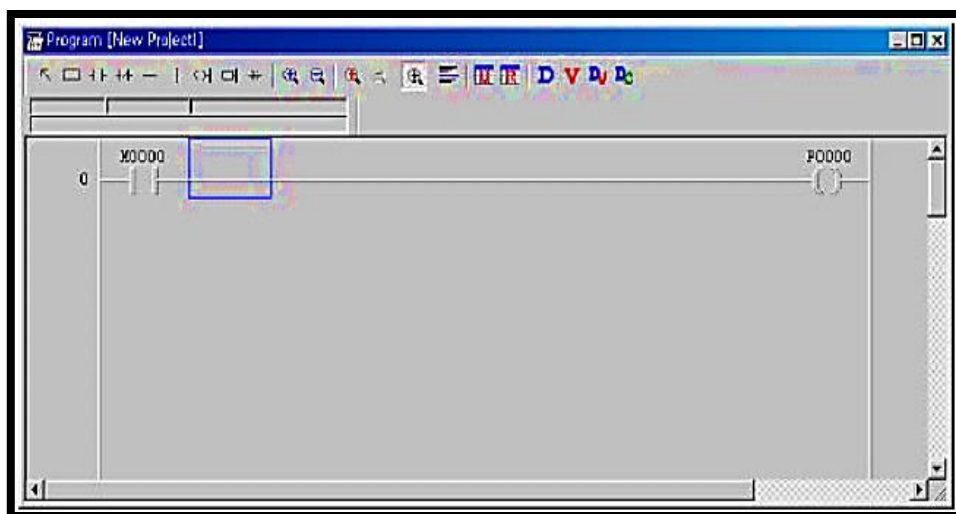
Figura 83 barra de herramientas de Ladder



Fuente Autor

Escriba la bobina de salida (P000) y haga clic en el botón Aceptar o presione la tecla Intro (véase figura 84).

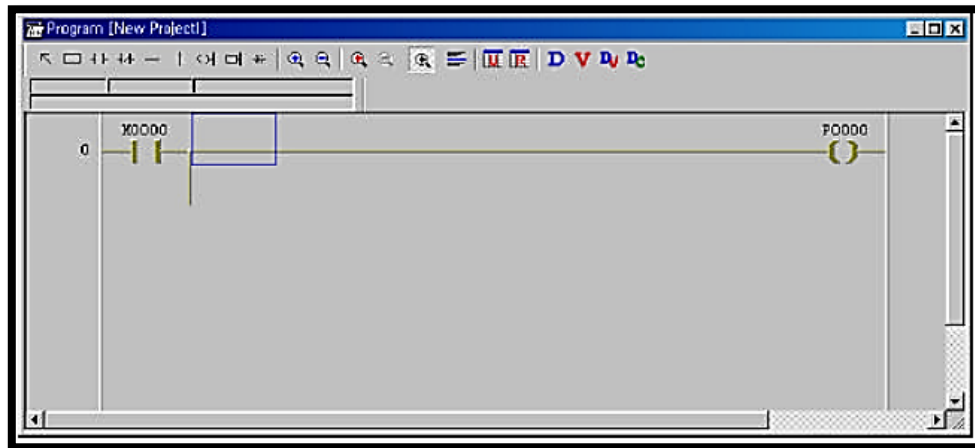
Figura 84 Bobina de salida (P000)



Fuente Autor

Seleccione el icono de línea vertical ( ) en la caja de herramientas de escalera y haga clic en el botón del mouse en la posición del cursor (véase figura 85).

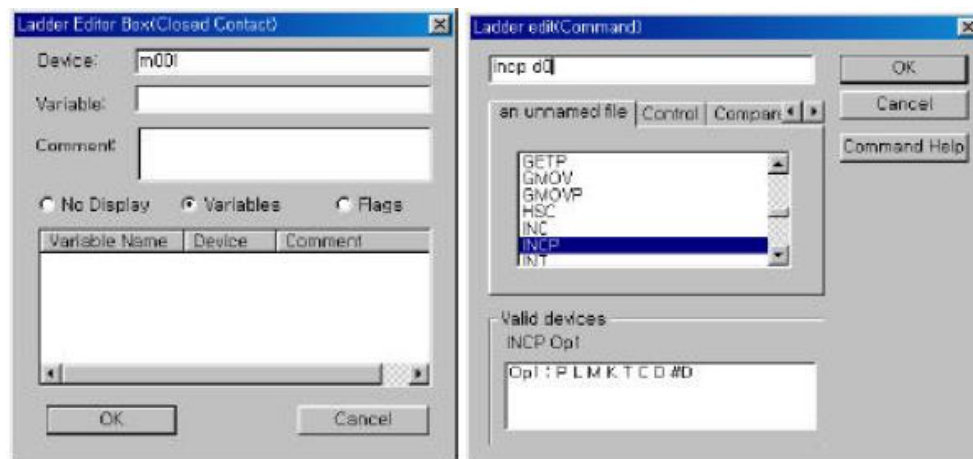
Figura 85 línea vertical ( )



Fuente Autor

Para eliminar la línea vertical, seleccione Línea vertical y presione la tecla del o presione la tecla de retroceso en la imagen de arriba. Seleccione el ícono Contacto normalmente cerrado ( ) en la barra de herramientas de Ladder y mueva el cursor al lugar para insertar el contacto. Hacer clic con el mouse o presione la tecla Intro para abrir el cuadro de diálogo de entrada para la entrada del contacto (véase figura 86).

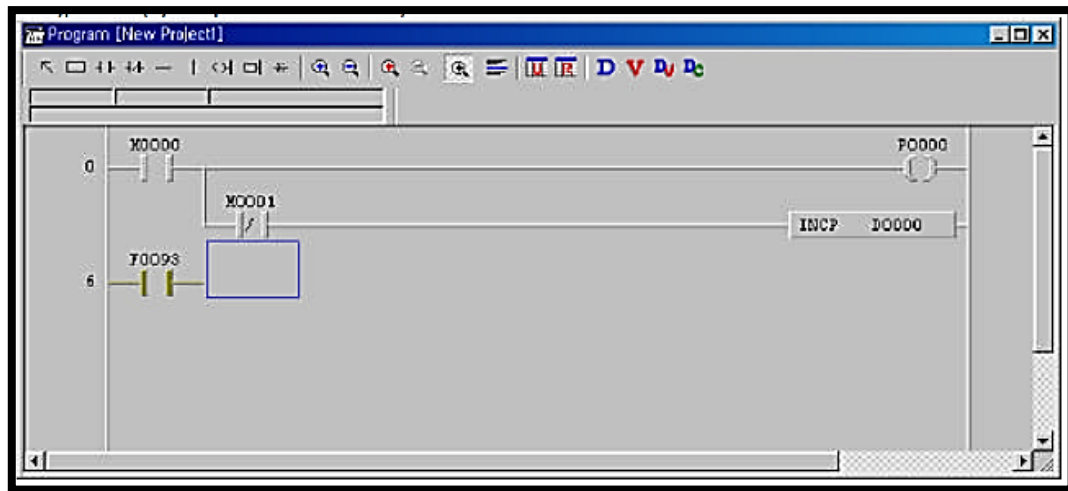
Figura 86 Contacto normalmente cerrado ( )



Fuente Autor

Seleccione el icono Contacto normalmente abierto en la barra de herramientas de Ladder y mueva el cursor a la siguiente línea de inicio à Haga clic con el mouse o presione la tecla Enter (véase figura 87).

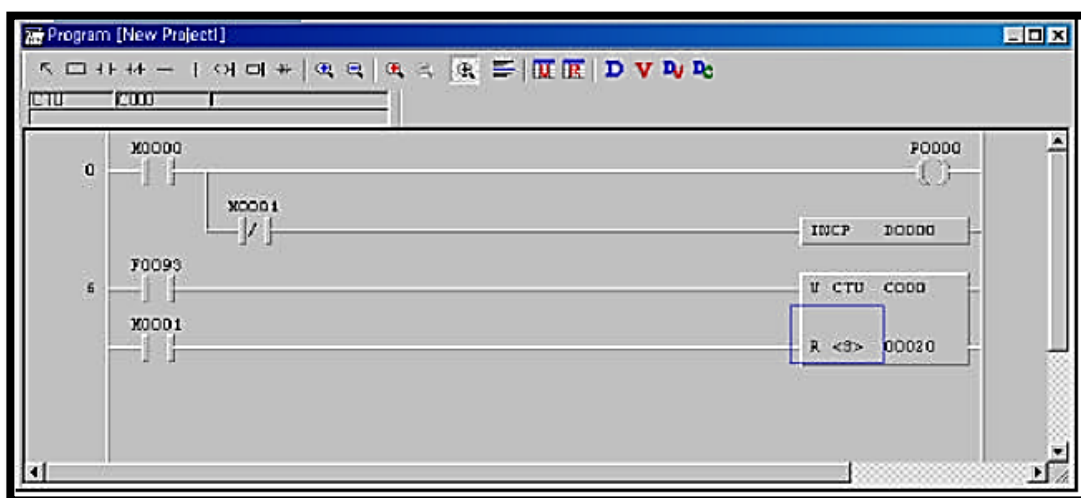
Figura 87 Contacto normalmente abierto



Fuente Autor

Para completar la línea de Ladder, seleccione el icono Línea horizontal ( ) en la Caja de herramientas de Ladder. Y haga clic con el mouse para llenar los espacios entre dos íconos con la línea (véase figura 88).

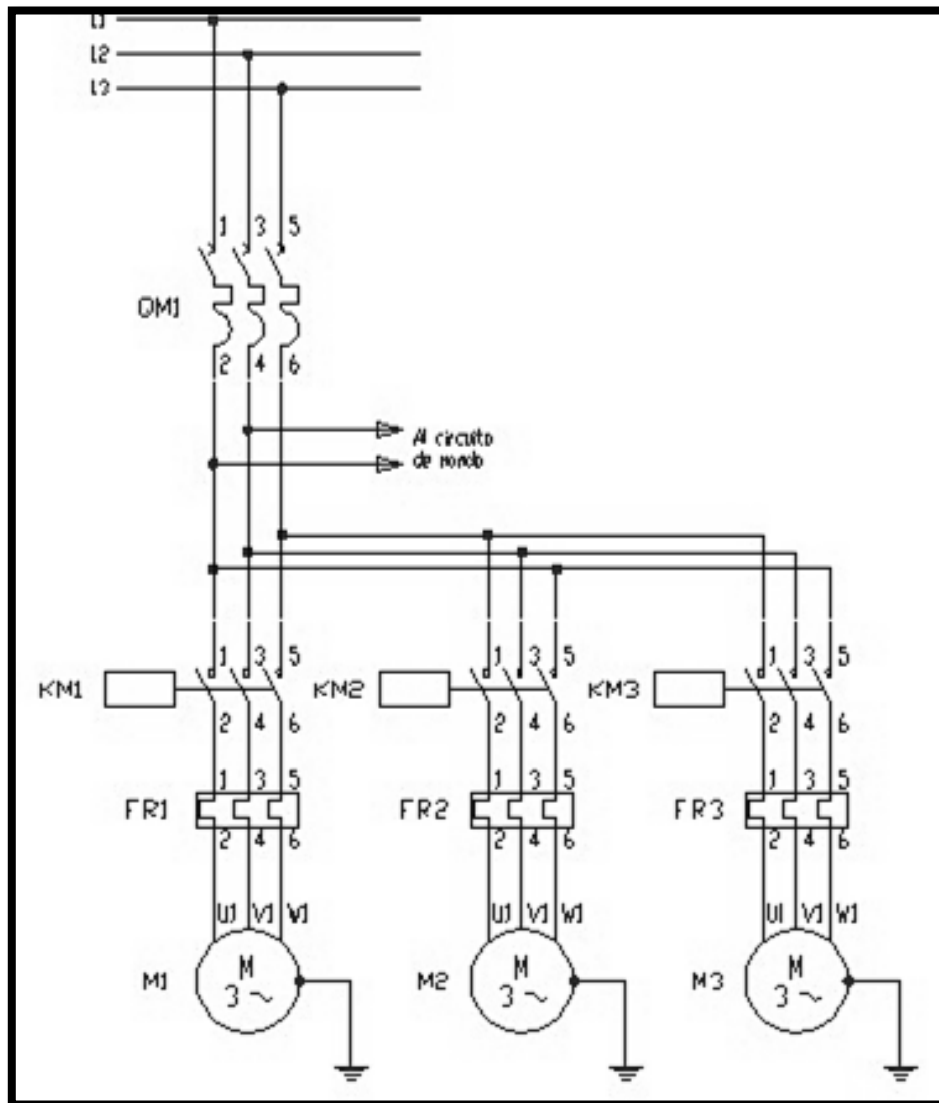
Figura 88 completar la línea de Ladder



Fuente Autor

Conectar el diagrama de fuerza como muestra en la siguiente figura 89.

Figura 89 Diagrama de fuerza.



Fuente Autor